

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE TRUJILLO
“BENEDICTO XVI”
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL



VULNERABILIDAD SÍSMICA Y COLAPSO ESTRUCTURAL EN
EDIFICACIONES DE ALBAÑILERÍA CONFINADA EN LA CALLE
RICARDO PALMA EN HUAMACHUCO, LA LIBERTAD, 2026

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

AUTOR

Br. Sanchez Ruiz, Oscar Omar

<https://orcid.org/0009-0006-9054-7238>

ASESOR

Dr. Saldaña Milla, Fernando Arístides

<https://orcid.org/0000-0002-7274-6974>

LINEA DE INVESTIGACIÓN

Infraestructura, edificaciones y construcción

TRUJILLO - PERÚ

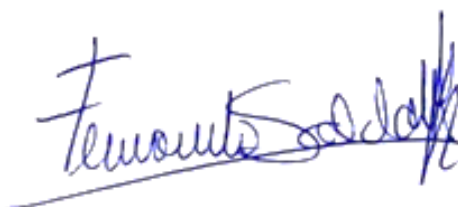
2026

DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD

Señor Decano de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura:

Mg. Ing. Henry Alexander Chipana Saldaña

Yo, Dr. Fernando Arístides Saldaña Milla con DNI N°18135414, como asesor del trabajo de investigación titulado “VULNERABILIDAD SÍSMICA Y COLAPSO ESTRUCTURAL DE EDIFICACIONES DE ALBAÑILERÍA CONFINADA EN LA CALLE RICARDO PALMA EN HUAMACHUCO, LA LIBERTAD, 2026”, desarrollado por el egresado OSCAR OMAR SANCHEZ RUIZ con DNI N° 70227055 del Programa de estudios DE INGENIERIA CIVIL; considero que dicho trabajo reúne las condiciones técnicas y científicas, las cuales están alineadas a las normas establecidas en el Reglamento de Estudiantes y de Grados y Títulos de la Universidad Católica de Trujillo “Benedicto XVI” y en la normativa para la presentación de trabajos de titulación de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.. Por tanto, autorizo la presentación del mismo ante el organismo pertinente para que sea sometido a evaluación por los jurados designados por la mencionada facultad.



Dr. Ing. Fernando Arístides Saldaña Milla

Asesor

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

EXCMO. MONS. GILBERTO ALFREDO VIZCARRA MORI, S.J.

Arzobispo Metropolitano de Trujillo

Gran Canciller

Universidad Católica de Trujillo “Benedicto XVI”

DR. MARCOANTONIO PACHERRES TORREJÓN

Rector de la Universidad Católica de Trujillo “Benedicto XVI”

DRA. SILVIA ANA VALVERDE ZAVALETA

Vicerrectora Académica

DRA. GINA GENARA ZAVALETA ESPEJO

Vicerrectora de Investigación

MG. HENRY ALEXANDER CHIPANA SALDAÑA

Decano de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura

DRA. TERESA SOFÍA REATEGUI MARÍN

Secretaria General

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi familia, mi principal fuente de inspiración y el pilar que ha sostenido cada etapa de este proceso. A mis queridos padres, Isidora y Benito, quienes desde mi infancia me enseñaron el valor de la perseverancia, la responsabilidad y el esfuerzo constante. A mis hermanos, Elmer, Carmen, Edgar, Diego, Manuel y Thais, porque cada uno ha ocupado un lugar esencial en mi vida; su energía, sus consejos y los momentos compartidos me han impulsado a continuar avanzando.

Este logro no me pertenece únicamente a mí, sino que refleja el esfuerzo, el compromiso y la dedicación que hemos compartido como familia. Cada uno de ustedes ha tenido un papel importante en mi formación y en mi vida. Esta meta representa un paso adicional hacia el futuro que imaginamos juntos, y deseo que continuemos alcanzando nuevos objetivos. Con especial cariño, dedico este esfuerzo a todos ustedes, pues simboliza no solo un logro académico, sino también el amor y la unión que fortalecen a nuestra familia.

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar, en primer lugar, mi agradecimiento a Dios por concederme la oportunidad de desarrollar este trabajo. A mis padres, Isidora y Benito, les agradezco profundamente por su amor incondicional y por enseñarme a perseverar en la búsqueda de mis metas. A mis hermanos, por el respaldo y la motivación brindados en cada etapa de este proceso; su presencia ha resultado fundamental. A mi asesor, por la paciencia, la orientación y los conocimientos compartidos, los cuales fueron esenciales para culminar esta investigación.

A mis amigos, quienes estuvieron presentes para alentarme y acompañarme tanto en los momentos de alegría como en las etapas de mayor tensión. Por último, agradezco sinceramente a todos ustedes, porque este logro también se construyó con su compañía y apoyo. Gracias por formar parte de mi vida y por contribuir a la persona que soy en la actualidad.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, OSCAR OMAR SANCHEZ RUIZ, con DNI N.º 70227055, egresado del Programa de estudios ingeniería civil de la Universidad Católica de Trujillo “Benedicto XVI”, doy fe de que he seguido rigurosamente los procedimientos académicos y administrativos establecidos por la Facultad de Ingeniería y Arquitectura para la elaboración y sustentación del informe de tesis titulado: “Vulnerabilidad sísmica y colapso estructural de edificaciones de albañilería confinada en la calle Ricardo Palma, distrito de Huamachuco, La Libertad, 2026”, el cual consta de un total de 115 páginas, incluyendo 42 tablas y 17 figuras y 29 páginas de anexos.

Dejo constancia de la **originalidad y autenticidad** de la mencionada investigación y declaro, bajo juramento y en cumplimiento de los principios éticos, que el contenido del documento es **de mi exclusiva autoría** en cuanto a redacción, organización, metodología y diagramación. Asimismo, garantizo que los fundamentos teóricos están debidamente sustentados en fuentes bibliográficas, asumiendo la responsabilidad de cualquier omisión involuntaria en la citación de autores.

En este sentido, declaro que el uso de herramientas de inteligencia artificial en el presente trabajo se ha limitado exclusivamente a la mejora de la redacción y corrección de errores gramaticales y sintácticos, sin que ello haya influido en la generación del contenido, análisis o interpretación de los resultados de la investigación.

Del mismo modo, reconozco que cualquier vulneración a los derechos de autor derivada del presente trabajo será de mi exclusiva responsabilidad, asumiendo las consecuencias académicas y legales que pudieran derivarse conforme a la normativa vigente.

El autor



Oscar Omar SANCHEZ RUIZ

70227055

ÍNDICE

DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD	2
DEDICATORIA.....	4
AGRADECIMIENTO	5
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD.....	6
ÍNDICE.....	7
ÍNDICE DE TABLAS.....	8
ÍNDICE DE FIGURAS	10
RESUMEN	11
ABSTRACT	12
I. INTRODUCCIÓN.....	13
II. METODOLOGÍA.....	42
2.1. Enfoque y tipo de investigación	42
2.2. Diseño metodológico.....	42
2.3. Población y muestra	42
2.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	44
2.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	44
2.9. Aspectos éticos en la investigación	44
III. RESULTADOS	46
IV. DISCUSIÓN.....	76
V. CONCLUSIONES.....	79
VI. RECOMENDACIONES	81
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82
ANEXOS.....	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación de los niveles de vulnerabilidad sísmica en edificaciones de albañilería confinada.....	25
Tabla 2 Tabla de Tipos de perfiles de suelo	31
Tabla 3 Tabla de Clasificación de los perfiles de suelo.....	31
Tabla 4 Tabla de Factor de suelo “S”	32
Tabla 5 Tabla de Períodos “TP” y “TL”.....	32
Tabla 6 Tabla de Determinación del factor de amplificación sísmica (C)	33
Tabla 7 Tabla de Categoría de las edificaciones y Factor “U”	33
Tabla 8 Tabla de Categoría y sistema estructural de las edificaciones.....	34
Tabla 9 Tabla de Sistemas estructurales y R0	35
Tabla 10 Resumen de Parámetros de diseño	35
Tabla 11 Cantidad de pisos.....	46
Tabla 12 Uso de las edificaciones	47
Tabla 13 Ubicación de las edificaciones	47
Tabla 14 Antigüedad de las edificaciones	48
Tabla 15 Promedio de los ítems de vulnerabilidad estructural.....	49
Tabla 16 Resultados de ítems por cantidad de edificaciones de la Vulnerabilidad Estructural.....	50
Tabla 17 Vulnerabilidad estructural general.....	51
Tabla 18 Promedios de los ítems de vulnerabilidad física	52
Tabla 19 Vulnerabilidad física global	54
Tabla 20 Nivel de vulnerabilidad sísmica total de las 25 edificaciones	55
Tabla 21 Nivel de vulnerabilidad sísmica	55
Tabla 22 Parámetros sísmicos de ETABS en la dirección X.....	57
Tabla 23 Parámetros sísmicos de ETABS en la dirección X.....	57
Tabla 24 Parámetros sísmicos de ETABS en la dirección Y.....	58
Tabla 25 Análisis sísmico en ETAPS en dirección Y	58
Tabla 26 Parámetros utilizados para la determinación del sistema estructural	59
Tabla 27 Espectro sísmico de diseño.....	59
Tabla 28 Estructura N°18 de 2 pisos en dirección X.....	62
Tabla 29 Estructura N°18 de 2 pisos en dirección Y	62
Tabla 30 Cortante Basal modelamiento 2 niveles	64
Tabla 31 Periodo fundamental de vibración (T).....	65

Tabla 32 Estructura N°24 de 3 pisos en dirección X.....	66
Tabla 33 Estructura N°24 de 3 pisos en dirección Y.....	66
Tabla 34 Cortante Basal modelamiento 3 niveles	68
Tabla 35 Periodo fundamental de vibración (T).....	69
Tabla 36 Estructura N°7 de 1 piso en dirección X	69
Tabla 37 Estructura N°7 de 1 piso en dirección Y	70
Tabla 38 Cortante Basal modelamiento 1 nivel.....	70
Tabla 39 Prueba de normalidad	72
Tabla 40 Interpretación de la prueba de normalidad	73
Tabla 42 Correlación de Spearman entre Vulnerabilidad física - Colapso estructural	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa de zonificación sísmica del Perú según el Reglamento Nacional de Edificaciones – Norma E.030.....	30
Figura 2 Número de pisos de las edificaciones evaluadas	46
Figura 3 Uso de las edificaciones	47
Figura 4 Ubicación de las edificaciones	48
Figura 5 Antigüedad de las edificaciones.....	48
Figura 6 Promedio de ítems de vulnerabilidad estructural	49
Figura 7 Porcentaje de vulnerabilidad estructural	51
Figura 8 Promedio por ítems de las 25 edificaciones.....	52
Figura 9 Porcentaje de vulnerabilidad física	54
Figura 10 Nivel de vulnerabilidad sísmica total.....	56
Figura 12 Espectro sísmico	61
Figura 13 Derivas máximas y deformación sísmica de la estructura N°18 de 2 pisos..	63
Figura 14 Derivas máximas y deformación sísmica de la estructura N°18 de 2 pisos..	64
Figura 15 Derivas máximas y deformación sísmica de la estructura N°24 de 3 pisos.	67
Figura 16 Derivas máximas y deformación sísmica de la estructura N°7 de 1 piso	70
Figura 17 Derivas máximas y deformación sísmica de la estructura N°7 de 1 piso	71

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo determinar la relación entre la vulnerabilidad sísmica y el colapso estructural de las edificaciones de albañilería confinada de la calle Ricardo Palma, en Huamachuco, La Libertad, 2026. La investigación fue de enfoque cuantitativo, de tipo aplicada, con nivel descriptivo-correlacional y diseño no experimental de corte transversal. La población estuvo conformada por 38 edificaciones y la muestra por 25 edificaciones de albañilería confinada, seleccionadas mediante un muestreo no probabilístico. Para la recolección de datos se empleó la observación como técnica y se utilizaron una ficha de evaluación estructural y un registro fotográfico como instrumentos; asimismo, para establecer el colapso estructural se realizó el modelamiento numérico de las edificaciones mediante el software ETABS. Los resultados de la evaluación mostraron que el 52 % de las edificaciones presentó un nivel de vulnerabilidad sísmica medio y el 28 % un nivel alto, estableciéndose que el 80 % de las edificaciones analizadas poseía condiciones capaces de comprometer su desempeño ante eventos sísmicos severos. Asimismo, el análisis de correlación mediante la prueba Rho de Spearman evidenció una relación positiva alta entre la vulnerabilidad sísmica y el colapso estructural ($\rho = 0.717$; $p < 0.001$), una relación positiva moderadamente alta entre la vulnerabilidad estructural y el colapso estructural ($\rho = 0.670$; $p < 0.001$) y una relación positiva alta entre la vulnerabilidad física y el colapso estructural ($\rho = 0.709$; $p < 0.001$). Se concluyó que el incremento de la vulnerabilidad sísmica se asoció con una mayor probabilidad de presentar daños severos o colapso estructural ante la ocurrencia de un sismo. En función de los hallazgos obtenidos, se recomienda a las autoridades locales implementar programas periódicos de evaluación y supervisión de las edificaciones existentes, así como promover medidas de reforzamiento estructural y el cumplimiento de la normativa sismorresistente, con el propósito de reducir el riesgo de colapso estructural y fortalecer la seguridad de las edificaciones de albañilería confinada.

Palabras clave: albañilería confinada, vulnerabilidad sísmica, gestión del riesgo, colapso estructural, reforzamiento estructural.

ABSTRACT

This study sought to determine the relationship between seismic vulnerability and structural collapse in confined masonry buildings on Ricardo Palma Street in Huamachuco, La Libertad, 2026. The research adopted a quantitative, applied, descriptive-correlational approach with a non-experimental, cross-sectional design. The population was composed of thirty-eight buildings, while the sample was made up of twenty-five confined masonry buildings selected through non-probability sampling. Data were collected through observation, using a structural assessment form and photographic records as instruments. Structural collapse was established through numerical modeling of the buildings with ETABS software. The assessment findings indicated that 52% of the buildings exhibited a medium level of seismic vulnerability and 28% a high level; therefore, 80% of the evaluated buildings had conditions that could compromise their performance during severe seismic events. In addition, correlation analysis using Spearman's Rho test revealed a strong positive relationship between seismic vulnerability and structural collapse ($\rho = 0.717$; $p < 0.001$), a moderately strong positive relationship between structural vulnerability and structural collapse ($\rho = 0.670$; $p < 0.001$), and a strong positive relationship between physical vulnerability and structural collapse ($\rho = 0.709$; $p < 0.001$). The study concluded that increased seismic vulnerability was associated with a greater probability of severe damage or structural collapse in the event of an earthquake. On the basis of these findings, it is recommended that local authorities implement periodic evaluation and monitoring programs for existing buildings, promote structural reinforcement measures, and ensure compliance with seismic-resistant building codes in order to reduce the risk of structural collapse and strengthen the safety of confined masonry buildings.

Keywords: confined masonry, seismic vulnerability, risk management, structural collapse, structural reinforcement.

I. INTRODUCCIÓN

El análisis de la vulnerabilidad sísmica en los centros urbanos se basa elementalmente a estimar los posibles daños que podrían producirse ante un evento sísmico (Ruiz et al., 2023). Bajo este enfoque, se relaciona directamente con el Objetivo de Desarrollo Sostenible N°11, que busca promover ciudades y comunidades más seguras, inclusivas y resilientes frente a desastres naturales. Esta relación se apoya en que la identificación de niveles de vulnerabilidad posibilita anticipar escenarios de riesgo, lo cual influye en la capacidad de respuesta institucional y en la planificación urbana preventiva.

Los terremotos han demostrado una alta capacidad destructiva, por lo que uno de los más relevantes ámbitos abordados en el sector construcción es la vulnerabilidad sísmica de las viviendas (Calderón et al., 2025). El proceso de evaluación del riesgo sísmico en áreas urbanas con elevada sismicidad es, sin duda, uno de los problemas más relevantes a los que se enfrentan los gestores territoriales. Una evaluación fiable de este riesgo es fundamental para el diseño de intervenciones específicas de mejora sísmica y planes de gestión de emergencias (Fisher et al., 2022). De igual modo, Barbat et al. (2021) señalan que el proceso de evaluación de la vulnerabilidad posibilita estimar los posibles niveles de daño y formular estrategias de mitigación orientadas a preservar la seguridad de las edificaciones y de sus ocupantes.

Dentro de este, la informalidad predomina en las viviendas que en su mayoría son de albañilería confinada y suelen ser construidas sin la supervisión apropiada de profesionales competentes (Kquiccara y Padilla, 2023). Formisano (2023) señala que las estructuras de albañilería son particularmente susceptibles a sufrir daños de elevada magnitud y colapsos debido a sus limitaciones estructurales y a las limitaciones constructivas presentes en muchas edificaciones existentes. Del mismo modo, Ahmed (2026) sostiene que el proceso de evaluación de la vulnerabilidad sísmica constituye una herramienta indispensable para identificar los mecanismos de falla y establecer medidas de prevención frente a posibles escenarios de colapso.

La Organización Panamericana de la salud (OPS, 2022) Nos señala que aproximadamente el 35% de edificaciones de albañilería construidas en zonas con un riesgo elevado sísmico, reflejan muchas irregularidades estructurales que aumentan de gran manera el riesgo de daños graves en las estructuras. De forma similar, Rojas y Yáñez (2021) señalan que la falta de continuidad de los muros, la disposición no adecuada de los elementos de confinamiento y la variada calidad del mortero son aspectos que

restringen el colapso de edificaciones de albañilería confinada durante sismos recientes en distintos países. Es por esta razón, que la vulnerabilidad sísmica de las construcciones es una preocupación mundial, pero esto se vuelve mucho más relevante en nuestro continente de América latina. Ya que, está ubicado en el cinturón de fuego del pacifico lo que lo vuelve mucho más propenso a eventos sísmicos más fuertes y frecuentes.

En Chile, a pesar de tener una normativa sismorresistente muy sólida, también se registran dificultades en edificaciones de albañilería confinada debido a que son construidas sin supervisión técnica. Por esta razón se efectuó un estudio por él, El Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU, 2021) este señala que en zonas rurales del país más del 30% de las viviendas de albañilería confinada registra limitaciones en la continuidad de muros, juntas mal ejecutadas y confinamientos incompletos, lo que aumenta su vulnerabilidad ante eventos sísmicos. Todas estas características se reflejaron durante el terremoto sucedido en el 2010, en el cual estudios posteriores al suceso reflejaron que las edificaciones informales fueron las más afectadas, en especial las que contaban con limitaciones en la rigidez y la estabilidad de sus muros portantes.

Ecuador por su parte es un país con alta actividad sísmica, pese a esto cuenta con muchas edificaciones de albañilería confinada que tienen muchas limitaciones las cuales fueron evidenciadas en el terremoto sucedido en el 2016. Según el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (IG-EPN, 2021), más del 50% de las viviendas evaluadas presentaba limitaciones asociadas a la ausencia de columnas y vigas de confinamiento, así como muros mal distribuidos que impedían una adecuada transmisión de cargas laterales hacia el sistema resistente. Estas fallas, combinadas con los procesos constructivos sin supervisión técnica y los materiales de baja calidad, provocaron el colapso parcial o total de una gran cantidad de edificaciones.

Perú, geográficamente, forma parte del llamado cinturón de fuego del Pacífico lo que le hace una de las regiones de más actividad sísmica en la tierra, por consiguiente, está expuesto a sufrir sismos de baja o alta intensidad (López, 2020). Este problema es mucho más complejo debido a la elevada sismicidad del territorio, la escasa aplicación de las normas técnicas de construcción y los materiales de mala calidad. El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2023) estima que más del 60% de las edificaciones del país han sido construidas sin diseño estructural formal, y una parte significativa corresponde a viviendas de albañilería confinada que no cumplen con los requisitos establecidos por la Norma Técnica E.070. a pesar de contar con muchos avances en la normativa sísmica, su implementación y la fiscalización de esta aún no se

pone en práctica en grandes sectores del país, debido a la informalidad en la construcción, que está impulsada por aspectos socioeconómicos y la urbanización muy rápida, lo cual ha generado a que una gran parte de edificaciones se construya sin ningún asesoramiento técnico adecuado, utilizando materiales de calidad muy baja, incrementando la vulnerabilidad sísmica generando un posible colapso estructural ante un eventual sismo.

En el Perú, Sulca-Huamán et al. (2022) señalan que las edificaciones de albañilería confinada pueden experimentar daños significativos cuando registran limitaciones en la configuración estructural o incumplen los requisitos establecidos en las normas E.030 Diseño Sismorresistente y E.070 Albañilería del Reglamento Nacional de Edificaciones. La ciudad de Huamachuco, ubicada en la provincia de Sánchez Carrión, región La Libertad, no es ajena a esta problemática. La vulnerabilidad sísmica de las edificaciones se hace mucho grave producto del crecimiento urbano acelerado y la poca fiscalización municipal. Estudios realizados en distritos como Otuzco, Julcán y Santiago de Chuco reflejan que más del 70% de las viviendas registran algún nivel de vulnerabilidad estructural asociado a fallas constructivas o configuración geométrica deficiente (Ramírez & Gamboa, 2021). Este escenario aumenta notablemente el riesgo sísmico en zonas donde la supervisión técnica en construcciones es mínima y muchas veces escasa y los materiales registran variaciones en su resistencia. La falta de estudios recientes que evalúen la vulnerabilidad sísmica de las construcciones en esta región también es un problema, ya que esto implica una gran incertidumbre sobre el nivel de preparación de las edificaciones de albañilería confinada ante un posible sismo.

Por último, en el distrito de Huamachuco, un pueblo con un crecimiento urbano considerable y de manera particular en la calle Ricardo Palma, la mayor parte de sus viviendas o edificaciones son de albañilería confinada. A pesar de encontrarse en una zona sísmica muy alta, una gran parte de sus edificaciones fueron construidas sin tener en cuenta las normas técnicas E.070 y E.030, con diseños no regulados y materiales que no cumplen con los estándares de calidad. De igual modo, la falta de estudios que analicen las edificaciones de albañilería confinada limita la capacidad de las autoridades locales para la implementación de estrategias de gestión de riesgo y prevención del colapso estructural. En particular, las edificaciones localizadas en la calle Ricardo Palma constituyen un conjunto urbano cuya seguridad estructural frente a eventos sísmicos aún no ha sido evaluada integralmente, situación que constituye una amenaza potencial para la integridad física de sus ocupantes y para la continuidad de las actividades socioeconómicas desarrolladas en la zona.

Por el planteamiento descrito en líneas anteriores se plantea el siguiente problema de investigación: líneas arriba se plantea el siguiente problema de investigación: ¿Cuál es la relación entre la vulnerabilidad sísmica y el colapso estructural en las edificaciones de albañilería confinada en la calle Ricardo Palma en Huamachuco, La Libertad, 2026?

Justificación

La investigación se justificó desde el ámbito teórico porque aportó al fortalecimiento del conocimiento relacionado con la vulnerabilidad sísmica y el colapso estructural en edificaciones de albañilería confinada, con base en un análisis aplicado en la calle Ricardo Palma del distrito de Huamachuco. Ya que, esta zona se distingue por presentar un nivel de peligrosidad sísmica elevado y predominan las edificaciones construidas bajo procesos de autoconstrucción, muchas de las cuales no cumplen de manera integral con los lineamientos establecidos en la Norma Técnica E.070. Esta situación coincide con reportes nacionales que señalan que más del 70 % de las edificaciones en el país registra algún tipo de limitación estructural asociada a la informalidad constructiva (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres [CENEPRED], 2022).

Desde otro ángulo, la investigación posibilitó articular los fundamentos teóricos de la vulnerabilidad sísmica, entendida como la susceptibilidad de una edificación a sufrir daños ante la ocurrencia de un sismo, con los principios del colapso estructural, que se vinculan con la capacidad resistente, la continuidad estructural y el cumplimiento de criterios sismorresistentes. Bajo este enfoque, la Norma Técnica E.030 proporcionó el marco conceptual para el examen del comportamiento sísmico de las edificaciones, considerando aspectos como la rigidez, la regularidad estructural y la capacidad de disipación de energía; mientras que la Norma Técnica E.070 posibilitó evaluar las características específicas de las edificaciones de albañilería confinada en términos de configuración estructural y calidad constructiva (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [MVCS], 2020).

Adicionalmente, se sustenta en los planteamientos teóricos sobre vulnerabilidad sísmica desarrollados por Barbat et al. (2021), quienes señalan que la vulnerabilidad estructural constituye uno de los más relevantes componentes del riesgo sísmico y constituye la predisposición de una edificación a sufrir daños frente a una determinada intensidad sísmica. De forma similar, Formisano (2023) sostiene que el proceso de evaluación de la vulnerabilidad en edificaciones posibilita comprender los mecanismos

de falla predominantes y establecer criterios para la reducción del riesgo y la conservación de las estructuras existentes.

Desde el ámbito práctico, la investigación se justificó debido a que abordó una problemática real y latente en el distrito de Huamachuco, específicamente en la calle Ricardo Palma, donde la mayor parte de las edificaciones de albañilería confinada fue ejecutada sin asistencia técnica especializada y con un control limitado del cumplimiento normativo. El proceso de evaluación de la vulnerabilidad sísmica permitió identificar las características estructurales que aumentan el riesgo de colapso, así como los aspectos constructivos que influyen directamente en la capacidad de las edificaciones para resistir acciones sísmicas, contribuyendo así a la prevención del colapso estructural ante futuros eventos sísmicos.

Los hallazgos obtenidos proporcionaron información técnica útil para la toma de decisiones por parte de las autoridades locales y organismos de gestión del riesgo, al permitir priorizar edificaciones con mayor nivel de vulnerabilidad y orientar acciones de reforzamiento estructural y mitigación del riesgo. De igual modo, la investigación generó una base técnica que puede ser empleada por entidades como Defensa Civil y las municipalidades distritales para la actualización de disposiciones relacionadas con la seguridad estructural, la fiscalización de obras y la planificación urbana en zonas de riesgo elevado sísmico (CENEPRED, 2022). De forma similar, la investigación ofreció a el universo de estudio información relevante sobre las características de seguridad de sus viviendas, permitiendo promover prácticas constructivas más seguras y fomentar la aplicación de recomendaciones técnicas orientadas a reducir la vulnerabilidad sísmica.

La investigación posibilita aplicar procedimientos y criterios técnicos para evaluar la vulnerabilidad sísmica y analizar el nivel de susceptibilidad al colapso estructural de las edificaciones de albañilería confinada ubicadas en la calle Ricardo Palma de la ciudad de Huamachuco. Para ello, se recurrirá a metodologías de evaluación sustentadas en los lineamientos del Reglamento Nacional de Edificaciones y en métodos de análisis utilizados en investigaciones científicas relacionadas con la estimación del comportamiento estructural frente a acciones sísmicas. De igual modo, la investigación aportó al cuerpo teórico existente mediante la aplicación de metodologías de evaluación de vulnerabilidad sísmica de carácter visual y técnico, similares a las empleadas en estudios previos desarrollados en regiones como Cajamarca y Arequipa, donde se reconoció que una proporción considerable de viviendas registra vulnerabilidad asociada

a fallas constructivas y limitaciones en el confinamiento estructural (Rojas & Yáñez, 2021).

Aborda una problemática vinculada con la seguridad y protección del universo de estudio frente a los efectos de los movimientos sísmicos. La identificación de los niveles de vulnerabilidad sísmica y de las características que podrían propiciar el colapso estructural de las edificaciones de albañilería confinada posibilitará disponer de información técnica relevante para la prevención y reducción del riesgo de desastres en la ciudad de Huamachuco. Bajo esta perspectiva, los hallazgos obtenidos aportarán a la protección de la vida e integridad física de los habitantes, así como a la disminución de las pérdidas económicas y materiales derivadas de un eventual evento sísmico.

Objetivos

Objetivo general: Determinar la relación entre la vulnerabilidad sísmica y el colapso estructural en las edificaciones de albañilería confinada en la calle Ricardo Palma en Huamachuco, La Libertad, 2026.

Objetivos específicos: Determinar la relación entre la vulnerabilidad estructural y el colapso estructural en las edificaciones de albañilería confinada en la calle Ricardo palma en Huamachuco, La Libertad, 2026.

Determinar la relación entre la vulnerabilidad física y el colapso estructural en las edificaciones de albañilería confinada en la calle Ricardo palma en Huamachuco, La Libertad, 2026.

Hipótesis

Hipótesis general: Existe relación significativa entre la vulnerabilidad sísmica y el colapso estructural en las edificaciones de albañilería confinada en la calle Ricardo Palma en Huamachuco, La Libertad, 2026.

Hipótesis específicas: Existe relación significativa entre la vulnerabilidad estructural y el colapso estructural en las edificaciones de albañilería confinada en la calle Ricardo Palma en Huamachuco, La Libertad, 2026. Existe relación significativa entre la vulnerabilidad física y el colapso estructural en las edificaciones de albañilería confinada en la calle Ricardo Palma en Huamachuco, La Libertad, 2026.

Antecedentes

Vargas & Molina (2024). en su investigación titulada “Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones de mampostería confinada mediante inspección visual” en Ecuador, cuyo propósito fue evaluar la vulnerabilidad sísmica de edificaciones de mampostería confinada con base en sus características estructurales predominantes. Se

llevó a cabo un enfoque cuantitativo aplicada a 52 edificaciones del área urbana mediante fichas técnicas de inspección visual que consideraron variables como número de niveles, regularidad en planta y elevación, calidad del confinamiento, estado de conservación y antigüedad. Los hallazgos reflejaron que el 61,5 % de las edificaciones registró vulnerabilidad sísmica media, el 23,1 % vulnerabilidad alta y solo el 15,4 % vulnerabilidad baja, observándose que las irregularidades geométricas incrementaron el índice de vulnerabilidad en un promedio del 28 %. lo cual aumenta de forma significativa la probabilidad de daño de elevada magnitud y colapso estructural ante eventos sísmicos moderados y fuertes. Se concluyó que las características estructurales observables en campo influyen de forma decisiva en la respuesta sísmica y el colapso estructural de este tipo de edificaciones. El principal aporte a el presente estudio consiste en sustentar el uso de fichas técnicas como instrumento válido para relacionar la vulnerabilidad sísmica con la prevención del colapso estructural en edificaciones de albañilería confinada.

Gómez et al., (2023). en su artículo titulado “Análisis de la vulnerabilidad sísmica de viviendas urbanas según tipología estructura” en Colombia, cuyo propósito fue analizar la vulnerabilidad sísmica de viviendas urbanas en función de sus características estructurales, mediante un estudio descriptivo–correlacional aplicado a 80 edificaciones de diversas tipologías; se recurrió a inspecciones técnicas y análisis estadístico para relacionar variables como sistema estructural, número de pisos, densidad de muros y estado constructivo con el índice de vulnerabilidad sísmica. Los hallazgos reflejaron que las viviendas de albañilería confinada con más de tres niveles registraron incrementos de hasta 40 % en su vulnerabilidad sísmica, mientras que aquellas con baja densidad de muros reflejaron mayor probabilidad de daño de elevada magnitud y colapso parcial o total durante sismos de mediana y alta intensidad. Se concluyó que existe una relación significativa entre las características estructurales y el nivel de vulnerabilidad sísmica. El aporte de este antecedente radica en reforzar el nivel correlacional del presente estudio, evidenciando empíricamente cómo la vulnerabilidad sísmica condiciona el colapso estructural.

López & Sánchez (2022) evaluaron la vulnerabilidad sísmica de edificaciones de mampostería mediante métodos empíricos basados en características estructurales observables, aplicándose a una muestra de 65 edificaciones ubicadas en zonas urbanas de elevada sismicidad; se recurrió a índices de vulnerabilidad que integraron densidad de muros, confinamiento estructural, antigüedad y calidad constructiva. Los hallazgos señalaron que el 58 % de las edificaciones registró vulnerabilidad sísmica media y el 18

% vulnerabilidad alta, identificándose que las edificaciones con deficiente confinamiento incrementaron su índice de vulnerabilidad en más del 30 % lo que reduce significativamente su capacidad para prevenir el colapso estructural. Se concluyó que los métodos empíricos posibilitan una evaluación preliminar confiable del comportamiento sísmico y del riesgo de colapso. Esta investigación aporta criterios técnicos para la selección de indicadores estructurales empleados en el proceso de evaluación de la vulnerabilidad sísmica y su relación con el colapso estructural.

Archbold (2025) en su investigación titulada “Seismic fragility assessment of confined masonry houses” en Colombia, cuyo propósito principal fue la estimación de la vulnerabilidad sísmica de viviendas de albañilería confinada de Colombia. La metodología que se empleó tiene un enfoque cuantitativo en el cual se valoraron 72 edificaciones, en zonas de sismicidad baja, intermedia y alta considerando distintas variables como número de pisos, densidad de muros, resistencia de materiales y calidad constructiva, se efectuaron análisis no lineales de historial temporal en OpenSees, utilizando aproximadamente 370 registros de movimiento del suelo consistentes con el peligro para representar el peligro en cada sitio de interés. Los hallazgos lograron mostrar que las edificaciones con irregularidades estructurales y baja calidad constructiva registran mayores probabilidades de daño de elevada magnitud y colapso estructural ante sismos moderados y fuertes. Este estudio respalda la relación directa entre vulnerabilidad sísmica y el colapso estructural, aportando fundamentos metodológicos que fortalecen el examen de edificaciones de albañilería confinada en contextos urbanos similares al de Huamachuco.

Nucera (2023) en su investigación titulada “Seismic vulnerability assessment of confined masonry buildings by macro-element modeling: a case study Italia”, abordó el proceso de evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificios de albañilería confinada mediante modelación macro-elemental en Reggio Calabria. Se recurrió a modelación estructural avanzada para capturar distintos mecanismos de falla (flexión, cizallamiento y desplazamiento de elementos) bajo cargas sísmicas, considerando la interacción entre elementos de mampostería y los elementos de confinamiento de concreto reforzado. La aplicación de este tipo de análisis demuestra cómo los métodos numéricos pueden estimar con mayor precisión la vulnerabilidad estructural de edificios existentes, integrando variables geométricas, propiedades de materiales y características de confinamiento estructural. Los hallazgos reflejaron que las limitaciones en el confinamiento y en la continuidad estructural aumentan los mecanismos de falla, generando en las edificaciones

el riesgo de colapso estructural. Esta investigación aporta de manera muy significativa al presente proyecto, ya que refleja que la modelación estructural avanzada posibilita identificar aspectos críticos asociados a la vulnerabilidad sísmica y al riesgo de colapso estructural.

Rosales (2023), en su investigación titulada “Grado de vulnerabilidad sísmica de edificaciones de tipo albañilería confinada del Distrito de Ingenio Región Junín” con la finalidad de determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de albañilería confinada ubicadas en el distrito de Ingenio, empleando un enfoque aplicado con diseño no experimental y nivel descriptivo–explicativo. El universo de estudio estuvo conformada por 85 viviendas, de las cuales se seleccionó una muestra de 31 edificaciones evaluadas mediante instrumentos técnicos orientados a la inspección física y estructural. Los hallazgos reflejaron que una proporción considerable de las viviendas presentaba niveles elevados de vulnerabilidad sísmica, asociados sobre todo al incumplimiento de la normativa técnica vigente y a la ausencia de supervisión profesional durante el proceso constructivo. Estas limitaciones estructurales redujeron de manera considerable la capacidad resistente de las edificaciones frente a acciones sísmicas, incrementando el riesgo de daño de elevada magnitud y colapso estructural. El aporte de esta investigación al presente estudio consistió en demostrar empíricamente cómo las características estructurales deficientes influyen directamente en la vulnerabilidad sísmica y determinan el colapso en edificaciones de albañilería confinada emplazadas en zonas sísmicas del país

Amaya y Torres (2022) en su investigación “Vulnerabilidad sísmica de edificaciones de albañilería confinada en la Urbanización El Refugio de la ciudad de Chepén”, cuyo propósito fue determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica presente en las viviendas de albañilería confinada de la urbanización refugio. Empleó una metodología de enfoque cuantitativo con un diseño no experimental y nivel simplemente descriptivo. En la cual incluyó guías de observación, fichas de encuesta y cálculos realizados en Excel. Los hallazgos señalaron que aproximadamente el 60 % de las edificaciones analizadas registró niveles elevados de vulnerabilidad sísmica, lo que reflejó una limitada capacidad estructural para resistir solicitaciones sísmicas severas. Entre las más relevantes causas identificadas destacaron la autoconstrucción, la falta de asesoramiento técnico y el incumplimiento de la Norma Técnica E.030. Estos hallazgos son relevantes al presente estudio debido a que nos posibilita evidenciar que la deficiente aplicación de criterios sismorresistentes aumenta la vulnerabilidad sísmica y aumenta significativamente la

capacidad de las edificaciones para provocar un colapso estructural en contextos urbanos similares al de Huamachuco.

Calla (2024) en su investigación “Análisis del grado de vulnerabilidad sísmica estructural en edificaciones de albañilería confinada en el distrito de Chaupimarca – Cerro de Pasco”, con la finalidad de evaluar el nivel de vulnerabilidad sísmica estructural de edificaciones de albañilería confinada en el distrito de Chaupimarca, aplicando un diseño descriptivo simple y no experimental. Se valoraron 63 edificaciones clasificadas según su uso y tipología, empleándose encuestas adaptadas al contexto, entrevistas a propietarios y se efectuó el procesamiento estadístico de la información recopilada en Excel. Los hallazgos reflejaron que más del 90 % de las edificaciones presentaba un nivel elevado de vulnerabilidad sísmica, identificándose patologías estructurales recurrentes como columnas cortas, muros sin refuerzo, ausencia de juntas sísmicas y presencia de amenazas externas por edificaciones colindantes inestables. Estas limitaciones comprometieron la rigidez y estabilidad global del sistema estructural, incrementando el riesgo de colapso frente a eventos sísmicos. Este antecedente resultó relevante para la investigación actual, ya que reflejó cómo la aplicación inadecuada del sistema de albañilería confinada aumenta la vulnerabilidad sísmica y aumenta la probabilidad de un colapso estructural en contextos urbanos con características similares a Huamachuco.

Espinoza y Olarte (2021) en su investigación titulada “Vulnerabilidad sísmica en viviendas de albañilería confinada en el primer sector, Villa el Salvador, Lima”, identificaron el nivel de vulnerabilidad sísmica en viviendas de albañilería confinada ubicadas en una zona de alta peligrosidad sísmica, correspondiente a la Zona 4 según la Norma Técnica E.030. Se aplicó una metodología mixta que posibilitó la recopilación de información cuantitativa y cualitativa mediante fichas técnicas de evaluación estructural, analizándose una muestra de 24 edificaciones. Los hallazgos señalaron que más del 79 % de las viviendas registró un nivel elevado de vulnerabilidad sísmica, asociándose este comportamiento a una distribución insuficiente de muros portantes, deficiente configuración geométrica y calidad constructiva regular. Estas características estructurales redujeron la capacidad de disipación de energía sísmica, aumentando la probabilidad de daño de elevada magnitud y colapso estructural. Respaldó así, la pertinencia del uso de fichas de evaluación estructural y criterios normativos para diagnosticar la vulnerabilidad sísmica y su relación directa con el colapso en edificaciones de albañilería confinada.

Los resultados indicaron que más del 79 % de las viviendas presentó un nivel alto de

vulnerabilidad sísmica, asociándose este comportamiento a una distribución insuficiente de muros portantes, deficiente configuración geométrica y calidad constructiva regular. Estas condiciones estructurales redujeron la capacidad de disipación de energía sísmica, aumentando la probabilidad de daño severo y colapso estructural. Respaldó así, la pertinencia del uso de fichas de evaluación estructural y criterios normativos para diagnosticar la vulnerabilidad sísmica y su relación directa con el colapso en edificaciones de albañilería confinada.

Gonzales y Suarez (2025) en su artículo titulado “Estudio de vulnerabilidad sísmica en viviendas autoconstruidas de albañilería confinada en el distrito de Querecotillo, departamento de Piura”, evaluaron la vulnerabilidad sísmica de 47 viviendas autoconstruidas de albañilería confinada con la finalidad de identificar su nivel de riesgo estructural frente a eventos sísmicos. Se aplicó una metodología mixta que integró una evaluación cualitativa mediante la ficha INDECI y un análisis cuantitativo sustentado en ensayos de esclerometría, estudios de mecánica de suelos y modelación estructural en ETABS de viviendas tipo. Los hallazgos reflejaron que el 92 % de las viviendas registró niveles de vulnerabilidad sísmica alto o muy alto, determinándose que más del 55 % no cumplía con la resistencia mínima del concreto exigida por la Norma Técnica E.070. De igual modo, las edificaciones con diafragma flexible superaron los límites de deriva establecidos por la Norma E.030, evidenciando limitaciones en rigidez y capacidad de disipación de energía. Esta investigación aportó al estudio actual a demostrar, con refleja empírica, que la resistencia de materiales, la rigidez del diafragma, la densidad de muros y la calidad del confinamiento estructural son aspectos determinantes en la vulnerabilidad sísmica y el colapso estructural.

Vargas (2024) elaboró la tesis “Evaluación de la condición estructural para determinar la vulnerabilidad sísmica de una institución educativa, Huamachuco, La Libertad 2024”, cuyo propósito fue evaluar la condición estructural de una institución educativa para determinar su vulnerabilidad sísmica. Empleó una metodología cuantitativa y se centró en la infraestructura del colegio Miguel de Cervantes Saavedra. Los hallazgos reflejaron que, aunque la edificación cumplía con requisitos de vibración, cortante basal, derivas y desplazamientos según la Norma E.030:2018, la simulación sísmica permitió detectar vulnerabilidades específicas, especialmente en vigas. De igual modo, mediante el método Benedetti y Petrini se alcanzó una vulnerabilidad baja con tendencia media, con un índice de 13.41 %. La investigación concluyó que la falta de vigas de amarre, la deficiente calidad de materiales, la integración inadecuada de

elementos no estructurales y el estado de conservación influyen en la vulnerabilidad sísmica.

Amaya y Torres (2022) realizaron la investigación “Vulnerabilidad sísmica de edificaciones de albañilería confinada en la Urbanización El Refugio de la ciudad de Chepén – La Libertad, 2022”, cuyo propósito fue determinar la vulnerabilidad sísmica de edificaciones de albañilería confinada. La investigación fue cuantitativo, no experimental y descriptivo; utilizó fichas de encuesta, guías de observación, fichas de reporte y hojas de cálculo, adicionalmente de herramientas como Excel, AutoCAD y ETABS. Los hallazgos reflejaron que el 60 % de las viviendas evaluadas presentaba vulnerabilidad sísmica y que muchas no contaban con adecuada densidad de muros portantes ni cumplían con los desplazamientos máximos establecidos para albañilería confinada según la Norma E.030. la construcción aumenta la vulnerabilidad estructural de las viviendas.

Bases teóricas

Vulnerabilidad sísmica: La vulnerabilidad sísmica se define como el grado de susceptibilidad que refleja una edificación para experimentar daños ante la manifestación de un evento sísmico de determinada intensidad, en función de sus características estructurales, constructivas y de uso. Este concepto no depende exclusivamente de la amenaza sísmica, sino de la capacidad inherente de la estructura para resistir y disipar la energía inducida por un sismo sin alcanzar estados límite de falla o colapso (Durán, 2021). Desde otro ángulo, Kassem et al. (2020) argumenta que, la vulnerabilidad sísmica, entendida como la probabilidad de una estructura a sufrir daños durante un terremoto, se valora considerando aspectos como el diseño estructural, materiales, antigüedad, las técnicas constructivas y las características del suelo. Así mismo, se entiende como la predisposición de una edificación a sufrir daños ante un evento sísmico, determinada por sus características estructurales, materiales, configuración y calidad constructiva. Bajo este enfoque, estudios recientes la conceptualizan como una medida probabilística del daño esperado en función de la intensidad del sismo y las características del sistema estructural (Fischer et al., 2022). Desde el enfoque de la ingeniería sismorresistente, la vulnerabilidad sísmica está asociada al desempeño estructural esperado, considerando la interacción entre materiales, configuración geométrica, calidad constructiva y cumplimiento normativo. En edificaciones de albañilería confinada, esta vulnerabilidad se aumenta cuando existen limitaciones en el confinamiento, discontinuidad de muros portantes y procesos constructivos informales y características frecuentes en contextos de autoconstrucción. En edificaciones de albañilería confinada, la vulnerabilidad sísmica

está vinculada al diseño correcto, ejecución de los elementos de confinamiento, continuidad de los muros portantes y la calidad de los materiales empleados, estos aspectos condicionan su desempeño estructural frente a sollicitaciones dinámicas.

Tipos de vulnerabilidad sísmica: La vulnerabilidad sísmica se clasifica en vulnerabilidad estructural, funcional y física. La vulnerabilidad estructural está asociada a la capacidad resistente del sistema portante; la funcional se vincula con la continuidad del uso posterior al sismo; mientras que la física considera el daño en elementos no estructurales.

Tabla 1

Clasificación de los niveles de vulnerabilidad sísmica en edificaciones de albañilería confinada.

Nivel de vulnerabilidad	Descripción técnica
Baja	La edificación presenta adecuada configuración estructural, buena calidad de materiales y cumplimiento de la normativa vigente, con baja probabilidad de daño estructural significativo.
Media	Se identifican deficiencias moderadas en la configuración estructural o calidad constructiva, que podrían generar daños estructurales reparables ante un sismo severo.
Alta	La edificación presenta deficiencias estructurales importantes, irregularidades geométricas y/o baja calidad constructiva, con alta probabilidad de daño severo o colapso parcial.

Nota. Elaboración propia, con base en Vargas y Molina (2024); López y Sánchez (2022).

Métodos de evaluación de la vulnerabilidad sísmica: El proceso de evaluación de la vulnerabilidad sísmica posibilita estimar el nivel de daño esperado que pueden presentar las edificaciones ante la ocurrencia de un sismo, en función de sus características estructurales, constructivas y geométricas. Para este fin, se han desarrollado distintos métodos que se diferencian según su nivel de detalle, precisión y requerimientos de información, los cuales se clasifican en métodos de evaluación visual, métodos empíricos o semi-cuantitativos y métodos analíticos o cuantitativos.

Métodos de evaluación visual de la vulnerabilidad sísmica: Los métodos de evaluación visual se fundamentan en la inspección directa de las edificaciones, sin recurrir a análisis estructurales detallados ni a modelos matemáticos. Estos métodos posibilitan identificar, de forma preliminar, edificaciones con comportamiento sísmico desfavorable mediante la observación de aspectos como el sistema estructural, número de niveles,

regularidad en planta y elevación, estado de conservación, presencia de daños visibles y calidad aparente de los elementos de confinamiento.

En edificaciones de albañilería confinada, el proceso de evaluación se enfoca en la continuidad de los muros portantes, la correcta disposición de columnas y vigas de confinamiento y el estado general de la construcción. Los hallazgos se expresan mediante categorías de vulnerabilidad (baja, media o alta), lo que posibilita priorizar intervenciones preventivas. Su principal ventaja es la rapidez de aplicación, aunque su precisión depende de la experiencia del evaluador.

Métodos empíricos o semi-cuantitativos: Los métodos empíricos o semi-cuantitativos combinan la inspección visual con la asignación de puntajes y aspectos de ponderación a variables estructurales observables, permitiendo obtener un índice numérico de vulnerabilidad sísmica. Estos métodos constituyen un equilibrio entre simplicidad y confiabilidad, por lo que son ampliamente utilizados en estudios urbanos. Entre los métodos más representativos se encuentran:

Método Benedetti–Petrini: que examina parámetros como densidad y continuidad de muros, regularidad estructural, calidad del confinamiento, estado de conservación y antigüedad de la edificación.

Método EMS-98 (Escala Macro sísmica Europea): que clasifica las edificaciones según su tipología estructural y posibilita estimar el nivel de daño esperado frente a diversas intensidades sísmicas. Índices empíricos de vulnerabilidad, desarrollados con base en observaciones después de un sismo y adaptados a edificaciones de albañilería confinada. Estos métodos son compatibles con los criterios establecidos en la Norma Técnica E.070 y posibilitan evaluar el desempeño estructural esperado conforme a los lineamientos de la Norma E.030.

Métodos analíticos o cuantitativos de evaluación sísmica: Los métodos analíticos o cuantitativos se basan en el modelamiento estructural detallado de las edificaciones, utilizando análisis matemáticos y numéricos para simular su respuesta ante acciones sísmicas. Entre los más empleados se encuentran el examen estático no lineal (pushover), el examen dinámico no lineal y los estudios de fragilidad sísmica. Estos métodos posibilitan estimar desplazamientos, derivas, mecanismos de falla y probabilidades de colapso, proporcionando resultados con elevada precisión. Aun así, demandan información detallada de materiales, geometría y cargas, adicionalmente de software especializado, lo que limita su aplicación en evaluaciones masivas de edificaciones existentes.

Métodos normativos de verificación estructural: Los procedimientos normativos se basan en comprobar si una edificación cumple con los parámetros establecidos en la Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente y la Norma Técnica E.070 – Albañilería. Este proceso de verificación contempla aspectos como la forma y disposición del sistema estructural, su rigidez, la continuidad de los elementos resistentes y el control de las deformaciones laterales. Con base en este análisis es posible reconocer debilidades en el sistema estructural que aumentan la vulnerabilidad sísmica, así como proponer intervenciones orientadas a disminuir el riesgo de colapso.

Albañilería confinada: La albañilería confinada es un sistema estructural compuesto por muros de mampostería reforzados perimetralmente mediante elementos de concreto armado, tales como columnas y vigas de confinamiento. Estos elementos tienen la función de mejorar el comportamiento mecánico de los muros frente a cargas verticales y laterales, especialmente aquellas inducidas por acciones sísmicas. Este sistema es ampliamente utilizado en edificaciones de vivienda en países de Latinoamérica debido a su economía, facilidad constructiva y adecuada respuesta sísmica cuando se ejecuta conforme a criterios técnicos establecidos (Meli, 1998). En el contexto peruano, la albañilería confinada constituye uno de los sistemas más empleados en edificaciones de baja y mediana altura. Su desempeño estructural depende directamente de la correcta disposición de los componentes de confinamiento, la calidad de los materiales y el cumplimiento de las especificaciones normativas vigentes, particularmente las establecidas en la Norma Técnica E.070 (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [MVCS], 2023).

Comportamiento sísmico de la albañilería confinada: La respuesta sísmica de la albañilería confinada se distingue por la interacción entre los muros de mampostería y los elementos de concreto armado que los confinan. Durante un sismo, los muros absorben sobre todo los esfuerzos cortantes, mientras que las columnas y vigas de confinamiento controlan la aparición de fisuras y evitan fallas frágiles, contribuyendo a un comportamiento más dúctil del sistema estructural (Paulay & Priestley, 1992). Cuando el sistema se encuentra correctamente diseñado y construido, la albañilería confinada registra un comportamiento sísmico favorable, con mecanismos de daño progresivos que posibilitan disipar energía sin llegar al colapso estructural. Aun así, limitaciones como la discontinuidad de muros, mala calidad de morteros, ausencia de confinamiento adecuado o modificaciones no técnicas aumentan significativamente la vulnerabilidad sísmica de la edificación (Vargas et al., 2024).

Colapso estructural: El colapso estructural se define como la pérdida total o parcial de la capacidad resistente de una edificación, provocando su falla global o local ante la acción de cargas extremas, como los sismos. En edificaciones de albañilería confinada, el colapso suele estar asociado a fallas por corte en los muros, pandeo de elementos de confinamiento, discontinuidad estructural o limitaciones constructivas acumuladas (Meli & Alcocer, 2004). Distintos estudios post-sísmicos reflejan que el colapso estructural no ocurre de manera repentina, sino como resultado de un proceso progresivo de daño que se agrava por la vulnerabilidad física, estructural y funcional de la edificación. Por esta razón, la identificación temprana de estos aspectos resulta clave para la prevención del colapso y la reducción de pérdidas humanas y materiales.

Mecanismos de falla estructural en edificaciones de albañilería confinada: Los mecanismos de falla estructural describen las formas en que una edificación reduce o pierde su capacidad portante frente a la acción de un sismo. En el caso de la albañilería confinada, los daños más comunes se manifiestan mediante fisuración diagonal por cortante en los muros, desprendimiento entre los muros y los elementos de confinamiento, inestabilidad de columnas esbeltas y limitaciones en los anclajes entre componentes estructurales (Meli & Alcocer, 2004). Reconocer estos mecanismos resulta fundamental para estimar el nivel de peligro de colapso y constituye una base relevante para aplicar metodologías de evaluación de vulnerabilidad sísmica, adicionalmente de definir acciones preventivas.

Desempeño estructural ante sismos: El desempeño estructural se entiende como la capacidad de una edificación para comportarse de manera aceptable frente a diversas intensidades sísmicas. Desde la perspectiva del diseño sismorresistente, una estructura debe conservar su estabilidad global durante un evento severo y evitar el colapso, incluso cuando experimente daños considerables en sus elementos (Paulay & Priestley, 1992). Dentro de este contexto, la prevención del colapso se analiza considerando la existencia de continuidad en el sistema resistente, la presencia de mecanismos alternativos de carga (redundancia) y la aptitud del sistema para disipar energía sísmica.

Importancia del confinamiento: El adecuado confinamiento de los muros de albañilería desempeña un papel esencial en la reducción del riesgo de colapso. Los elementos de confinamiento, como columnas y vigas, aumentan la resistencia y la ductilidad del conjunto estructural, limitan la propagación de grietas y reducen la probabilidad de fallas frágiles durante un sismo (Vargas & Molina, 2024). Por el contrario, la falta de estos elementos, su mala ejecución o su discontinuidad elevan de

manera considerable la vulnerabilidad sísmica y, por consiguiente, la probabilidad de colapso frente a sismos de elevada magnitud.

Reforzamiento estructural: El reforzamiento estructural constituye una alternativa fundamental para reducir el riesgo de colapso en edificaciones existentes que registran limitaciones. En sistemas de albañilería confinada, estas intervenciones pueden incluir el encamisado de columnas y vigas, la incorporación de nuevos muros estructurales y el mejoramiento de las conexiones entre elementos (López & Sánchez, 2022). La selección y aplicación de estas técnicas se sustenta en los hallazgos de el proceso de evaluación de vulnerabilidad sísmica y tiene como finalidad disminuir la probabilidad de falla ante futuros eventos sísmicos.

Evaluación de la vulnerabilidad sísmica: El proceso de evaluación de la vulnerabilidad sísmica posibilita anticipar el grado de daño que podría sufrir una edificación durante un sismo y, por consiguiente, estimar su riesgo de colapso. Herramientas como EMS-98, el método Benedetti–Petrini y las inspecciones visuales sistemáticas facilitan la identificación de edificaciones más expuestas, orientando la priorización de medidas de mitigación (Gómez, 2023). De este modo, la vulnerabilidad sísmica se consolida como un insumo técnico clave para la toma de decisiones en la gestión del riesgo sísmico urbano.

Norma Técnica E.070 – Albañilería: La Norma Técnica E.070 establece las disposiciones técnicas para el diseño, análisis y ejecución de edificaciones de albañilería, incluyendo aquellas con sistema confinado. En ella se definen los requisitos mínimos de resistencia, detallado, calidad de materiales y procesos constructivos que posibilitan asegurar un comportamiento satisfactorio frente a acciones sísmicas (MVCS, 2023). De igual modo, esta norma resalta la correcta ubicación de los elementos de confinamiento, la continuidad de los muros portantes y la relación adecuada entre sus dimensiones geométricas. El incumplimiento de estos criterios aumenta la vulnerabilidad sísmica y eleva el riesgo de daño de elevada magnitud o colapso.

Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente: La Norma Técnica E.030 proporciona los criterios generales para el diseño sismorresistente de edificaciones en el Perú, considerando aspectos como la zonificación sísmica, las características del suelo y la categoría de importancia de las estructuras. Su finalidad principal es proteger la vida de los ocupantes y reducir la probabilidad de colapso ante sismos intensos (MVCS, 2023). En el marco de los estudios de vulnerabilidad sísmica, la aplicación conjunta de la E.030 y la E.070 resulta indispensable para verificar si las edificaciones consideradas satisfacen

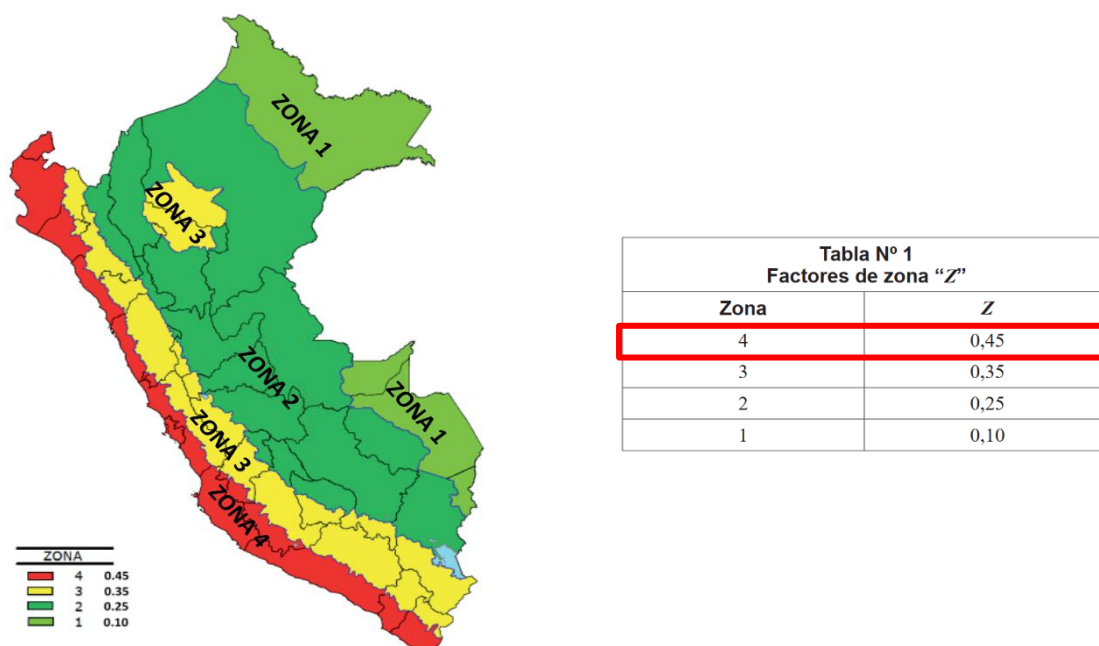
los requisitos mínimos de desempeño sísmico y para analizar la relación entre las características estructurales y el colapso estructural en edificaciones de albañilería confinada.

Análisis sísmico

Mapa de zonificación del Perú: Conforme a la Norma Técnica E.030 "Diseño Sismorresistente" del Reglamento Nacional de Edificaciones vigente, el distrito de Lurín, provincia y departamento de Lima se encuentra ubicado dentro de la Zona Sísmica 4, correspondiente al nivel más alto de peligrosidad sísmica del territorio peruano. A esta zona se le asigna un factor de zona $Z = 0,45$, el cual constituye la aceleración sísmica máxima horizontal esperada en roca o suelo rígido, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad. Esta zonificación refleja el elevado peligro sísmico asociado al proceso de subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana. Por consiguiente, el área de estudio registra características de muy elevada sismicidad, por lo que el diseño de las estructuras y cimentaciones deberá cumplir los criterios establecidos en la Norma Técnica E.030 vigente y demás disposiciones aplicables del Reglamento Nacional de Edificaciones.

Figura 1

Mapa de zonificación sísmica del Perú según el Reglamento Nacional de Edificaciones – Norma E.030.



Nota. El mapa muestra la clasificación del territorio nacional en cuatro zonas sísmicas, en función de la aceleración sísmica máxima esperada, por MVCS, 2018.

Perfil del suelo: La clasificación del perfil de suelo se efectúa sobre todo mediante la velocidad promedio de ondas de corte (V_s) en los 30 m superiores del terreno. Alternativamente, pueden emplearse el valor promedio ponderado del SPT (N_{60}) para suelos granulares o la resistencia al corte no drenado (S_u) para suelos cohesivos. En perfiles con estratos mixtos, se valoran ambos parámetros y, si se obtienen clasificaciones diversos, se adopta la correspondiente al perfil más flexible, por representar la condición más desfavorable para el diseño sísmico.

Tabla 2

Tabla de Tipos de perfiles de suelo

Perfil	Nombre	Descripción
S ₀	Roca	Roca sana o fracturada con velocidad de ondas de corte $V_s \geq 800$ m/s. Incluye macizos rocosos continuos y competentes.
S ₁	Suelos muy rígidos	Suelos con $550 \leq V_s < 800$ m/s. Incluye grava arenosa muy densa con bolonería, arena muy densa o grava arenosa densa, generalmente con SPT $N_{60} \geq 50$.
S ₂	Suelos rígidos	Suelos con $350 \leq V_s < 550$ m/s. Incluye arenas densas o gravas arenosas medianamente densas con N_{60} entre 30 y 50, y arcillas muy compactas con $S_u > 100$ kPa.
S ₃	Suelos intermedios	Suelos con $200 \leq V_s < 350$ m/s. Incluye arenas medias a finas con N_{60} entre 15 y 30, y suelos cohesivos con S_u entre 50 y 100 kPa.
S ₄	Suelos blandos	Suelos con $V_s < 200$ m/s. Incluye arenas medias a finas con $N_{60} < 15$, arcillas blandas con S_u entre 25 y 50 kPa, o perfiles con más de 3 m de suelo de alta plasticidad, alto contenido de humedad o $S_u < 25$ kPa.
S ₅	Suelos excepcionales	Suelos que requieren estudios específicos, tales como suelos licuables, colapsables, orgánicos, turbas, suelos muy blandos ($S_u < 25$ kPa), susceptibles a densificación o sitios con amplificación sísmica local y condiciones geológicas desfavorables.

Nota. Tomado del RNE, Norma E. 030

Con base en la clasificación del perfil de suelo obtenida para el área de estudio, se establecen los parámetros sísmicos del terreno, tales como el período predominante del suelo (T_p) y el factor de amplificación sísmica (S), cuyos valores se establecen conforme a las disposiciones de la Norma Técnica E.030.

Tabla 3

Tabla de Clasificación de los perfiles de suelo

Perfil	$\bar{V}_s$ (m/s)	$\bar{N}_{60}$	$\bar{S}_u$ (kPa)
S0	≥ 800	—	—
S1	≥ 550 a < 800	> 50	> 100
S2	≥ 350 a < 550	30 – 50	80 – 100
S3	≥ 200 a < 350	15 – 30	50 – 80
S4	< 200	< 15	< 50

Nota. Tomado del RNE, Norma E. 030

Una vez definido el perfil de suelo predominante del área de estudio, se asignan los parámetros sísmicos S, Tp y TL conforme a las tablas correspondientes de la Norma Técnica E.030.

Tabla 4

Tabla de Factor de suelo “S”

Zona Sísmica	S0	S1	S2 (*)	S3 (*)	S4
Z4	0,80	1,00	1,00 – 1,10	1,10 – 1,20	Requiere análisis de respuesta de sitio
Z3	0,80	1,00	1,00 – 1,15	1,15 – 1,20	1,30
Z2	0,80	1,00	1,00 – 1,30	1,30 – 1,40	1,70
Z1	0,80	1,00	1,00 – 1,30	1,30 – 1,60	2,40

Nota. Tomado del RNE, Norma E. 030

Si no se dispone de información de velocidad de ondas de corte ($\bar{V}_{s30}$), se adopta el valor máximo del factor de amplificación S. Para suelos S2 se consideran TP = 0,60 s y TL = 2,00 s, mientras que para suelos S3 se recurre a TP = 0,90 s y TL = 1,60 s. Si no se dispone de información de velocidad de ondas de corte ($\bar{V}_{s30}$), se adopta el valor máximo del factor de amplificación S. Para suelos S2 se consideran TP = 0,60 s y TL = 2,00 s, mientras que para suelos S3 se recurre a TP = 0,90 s y TL = 1,60 s.

Tabla 5

Tabla de Períodos “TP” y “TL”

Período	S ₀	S ₁	S ₂ (*)	S ₃ (*)	S ₄
T _p (s)	0,30	0,40	0,40 – 0,60	0,60 – 0,90	1,20
T _l (s)	3,00	2,50	2,50 – 2,00	2,00 – 1,60	1,60

Nota. Tomado del RNE, Norma E. 030

El factor de amplificación sísmica (C) se define según las características del sitio y el tipo de suelo presente, conforme a lo indicado en la Norma E.030. Por consiguiente, calcularemos el Aspecto de amplificación del Suelo mediante las siguientes formulas, dependiendo el caso:

Tabla 6

Tabla de Determinación del factor de amplificación sísmica (C)

Período Fundamental de la Estructura (T)	Factor de Amplificación Sísmica (C)
$T < 0.2 T_p$	$C = 1 + 7.5 \left(\frac{T}{T_p} \right)$
$0.2 T_p < T < T_p$	$C = 2.5$
$T_p < T < T_L$	$C = 2.5 \left(\frac{T_p}{T} \right)$
$T > T_L$	$C = 2.5 \left(\frac{T_p \cdot T_l}{T^2} \right)$

Nota. Tomado del RNE, Norma E. 030

Siendo, T el periodo fundamental de la estructura para el examen estático o periodo de un modo en el examen dinámico. El aspecto C constituye la amplificación de la aceleración sísmica de la estructura en relación con la aceleración del terreno. Para el cálculo de la fuerza cortante basal mediante el método estático, se adopta un valor constante de $C = 2,5$ para estructuras cuyo período fundamental se encuentre entre 0 y T_p .

Uso de la Edificación (U): La importancia de la estructura y el área de estudio indicado se han tratado considerándola como categoría C en función a los términos alcanzados por el cliente. Bajo esta perspectiva, al tratarse de una vivienda, el factor de uso correspondiente es de categoría C (Edificaciones comunes) según la norma E.030 corresponde a 1.0.

Tabla 7

Tabla de Categoría de las edificaciones y Factor “U”

Categoría	Tipo de Edificación	Descripción General	Factor U
A	Edificaciones esenciales	Hospitales, centros de salud, estaciones de bomberos, instalaciones de agua y energía, aeropuertos, puertos, centros de comunicación, instituciones educativas y edificaciones indispensables para la atención de emergencias.	1,5
B	Edificaciones importantes	Lugares con gran concentración de personas o que albergan bienes valiosos, como estadios, cines, teatros, centros comerciales, terminales terrestres, museos y bibliotecas.	1,3
C	Edificaciones comunes	Viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no genere riesgos adicionales.	1,0

Nota. Tomado del RNE, Norma E. 030

Tabla 8

Tabla de Categoría y sistema estructural de las edificaciones

Categoría de la Edificación	Zona Sísmica	Sistema Estructural Permitido
B	4, 3 y 2	Estructuras de acero tipo SMF, IMF, SCBF, OCBF y EBF; estructuras de concreto armado (pórticos, sistema dual y muros estructurales); albañilería armada o confinada; estructuras de madera.
B	1	Cualquier sistema estructural.
C	4, 3, 2 y 1	Cualquier sistema estructural.

Nota. Tomado del RNE, Norma E. 030

Sistema Estructural del Proyecto: El proyecto será ejecutado como vivienda multifamiliar de 03 niveles más azotea, en tal sentido y conforme a la arquitectura y necesidades del proyecto, se considera que su diseño estructural por encontrarse en zona altamente sísmica será mediante un Sistema de Albañilería Confinada. Conforme a el diseño sismorresistente, se optará de ser necesario, por incluir en el sistema estructural, placas de concreto armado.

Tabla 9*Tabla de Sistemas estructurales y R0*

Sistema Estructural	Coefficiente Básico de Reducción (R₀)
Acero	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	5
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	4
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	7
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	4
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
Concreto Armado	
Pórticos	8
Sistema Dual	7
Muros Estructurales	6
Muros de Ductilidad Limitada	3,5
Albañilería Armada o Confinada	3
Madera	7 (**)

Nota. Tomado del RNE, Norma E. 030

Por lo que conforme a el cuadro de la tabla N° 06, le corresponde un coeficiente básico de reducción $R_x=3$, $R_y=3$ respectivamente. Conforme a la zonificación sísmica, las características geotécnicas del terreno y el sistema estructural considerado, se definieron los parámetros de diseño sísmico aplicables al proyecto. Estos se resumen en la Tabla N° 07.

Tabla 10*Resumen de Parámetros de diseño*

Parámetro de diseño	Magnitud	Descripción
Zona Sísmica	4	Mapa de Zonificación Sísmica del Perú
Factor de Zona (Z)	0,45	NTE E.030
Tipo de Suelo	S ₃	Suelos Intermedios
Factor de Suelo (S)	1,20	NTE E.030
Parámetro del suelo T _p	0,90 s	NTE E.030
Parámetro del suelo T _l	1,60 s	NTE E.030
Categoría de Edificación	C	Edificaciones Comunes
Factor de Uso (U)	1,00	NTE E.030
Coefficiente de Reducción	$R_x=3$, $R_y=3$	NTE E.030

Edificaciones de albañilería confinada: La albañilería confinada corresponde a un sistema estructural compuesto por muros de albañilería simple reforzados perimetralmente con elementos de concreto armado, tales como columnas y vigas, cuyo comportamiento frente a sismos depende de la acción conjunta de todos sus componentes. Este tipo de sistema es ampliamente empleado en edificaciones de uno a varios niveles en el Perú, sobre todo por su bajo costo y simplicidad constructiva (San Bartolomé, Quiun & Morales, 2013). Conforme a la Norma Técnica E.070, las edificaciones de albañilería confinada deben satisfacer características mínimas de diseño, entre ellas la continuidad de los elementos de confinamiento, dimensiones apropiadas de los muros y adecuada calidad de los materiales, con la finalidad de asegurar un desempeño sísmico satisfactorio (MVCS, 2018).

Características estructurales: Las características estructurales abarcan el conjunto de atributos geométricos, mecánicos y constructivos que definen la capacidad de una edificación para resistir acciones sísmicas. Dichos atributos influyen directamente en la forma en que se distribuyen las fuerzas sísmicas y en el comportamiento integral de la estructura (Chopra, 2017). Para el desarrollo de el presente estudio, estas características se abordan con base en las siguientes dimensiones:

Configuración geométrica: Hace referencia a la forma, organización y grado de regularidad de la edificación tanto en planta como en elevación. La Norma E.030 señala que las edificaciones con configuración regular registran respuestas sísmicas más favorables, al permitir una distribución más uniforme de las solicitaciones.

Sistema resistente: Comprende el conjunto de elementos encargados de captar y transmitir las cargas sísmicas hacia la cimentación. En el caso de la albañilería confinada, los muros estructurales constituyen el principal sistema resistente, complementados por columnas y vigas de confinamiento (San Bartolomé et al., 2013).

Elementos de confinamiento: Son componentes de concreto armado que rodean y refuerzan los muros de albañilería, incrementando su resistencia y capacidad de deformación. La Norma E.070 establece requisitos mínimos de dimensiones, espaciamiento y continuidad, debido a que su carencia o deficiente ejecución aumenta notablemente la vulnerabilidad sísmica.

Materiales de construcción: Incluyen las unidades de albañilería, el mortero y el concreto empleado en los elementos de confinamiento. Las propiedades mecánicas y la

calidad de estos materiales condicionan directamente la capacidad resistente y la respuesta sísmica de la edificación (San Bartolomé et al., 2013).

Detalles constructivos: Abarcan aspectos como el adecuado anclaje de los muros, la continuidad del refuerzo y la correcta ejecución de juntas. Limitaciones en estos detalles favorecen la aparición de mecanismos de falla frágil ante acciones sísmicas (FEMA, 2015).

Estado de conservación: Se vincula con el nivel de deterioro físico de los elementos estructurales, evidenciado mediante fisuras, grietas o degradación de materiales. Un estado de conservación deficiente reduce la capacidad resistente efectiva de la estructura, incrementando su vulnerabilidad sísmica (Coburn & Spence, 2002).

Zonificación sísmica del Perú: La zonificación sísmica del Perú clasifica el territorio nacional en zonas de diferente severidad sísmica. Esta clasificación es fundamental para la estimación de la demanda sísmica y para el proceso de evaluación de edificaciones existentes. El distrito de Huamachuco se ubica en una zona de elevada sismicidad, lo que aumenta la exigencia estructural de las edificaciones.

Tipo de suelo: El tipo de suelo influye directamente en la amplificación de las ondas sísmicas. La Norma E.030 clasifica los suelos según sus propiedades dinámicas, estableciendo aspectos de amplificación que aumentan o reducen la demanda sísmica actuante sobre la edificación.

Interacción suelo–estructura: La interacción suelo–estructura describe la respuesta conjunto entre la edificación y el terreno de cimentación durante un evento sísmico. Suelos blandos pueden amplificar las deformaciones estructurales, incrementando el daño esperado (Chopra, 2017).

Rigidez estructural: La rigidez estructural corresponde a la capacidad de la edificación para oponerse a las deformaciones laterales inducidas por un sismo. Una rigidez inadecuada puede generar derivas excesivas y daños estructurales severos, especialmente en sistemas de albañilería confinada.

Ductilidad estructural: La ductilidad estructural corresponde a la capacidad de la edificación para deformarse inelásticamente sin perder su capacidad resistente. En edificaciones de albañilería confinada, la ductilidad depende en gran medida de la calidad del confinamiento y de los detalles constructivos (San Bartolomé et al., 2013)

Mecanismos de falla en albañilería confinada: Los mecanismos de falla más comunes en edificaciones de albañilería confinada incluyen el agrietamiento diagonal de muros, el aplastamiento del mortero, la falla por corte y la pérdida de confinamiento.

Estos mecanismos se asocian directamente con limitaciones en las características estructurales.

Daño estructural: El daño estructural se refiere a la degradación de la capacidad resistente de los componentes estructurales como consecuencia de la acción sísmica. El nivel de daño constituye un indicador directo de la vulnerabilidad sísmica.

Desempeño sísmico: El desempeño sísmico describe el comportamiento global de la edificación frente a un sismo, considerando niveles aceptables de daño. El enfoque de desempeño posibilita evaluar si una edificación cumple con los objetivos de seguridad establecidos en la normativa sismorresistente

Indicadores estructurales: Los indicadores estructurales son variables observables y medibles que constituyen el estado y comportamiento de los elementos estructurales. Estos indicadores posibilitan operacionalizar las variables de estudio y vincular el marco conceptual con el examen estadístico.

Vulnerabilidad sísmica: La vulnerabilidad sísmica corresponde al grado de daño esperado que puede sufrir una edificación ante la ocurrencia de un sismo de determinada intensidad. Desde un enfoque cuantitativo, la vulnerabilidad puede expresarse como la relación entre la demanda sísmica y la capacidad resistente de la estructura:

Donde D constituye la demanda sísmica y C la capacidad estructural disponible.

Demanda sísmica: La demanda sísmica corresponde a las fuerzas inducidas por un sismo sobre una estructura y depende de aspectos como la zona sísmica, el tipo de suelo y el peso de la edificación. La Norma E.030 define la fuerza sísmica basal mediante la expresión:

$$V = C \times W$$

Capacidad estructural: La capacidad estructural es la aptitud de la edificación para resistir las acciones sísmicas sin alcanzar estados de daño de elevada magnitud o colapso. En edificaciones de albañilería confinada, esta capacidad depende de la resistencia de los muros, la calidad del confinamiento y el estado de conservación (MVCS, 2018).

Índice de vulnerabilidad sísmica: El índice de vulnerabilidad sísmica corresponde a una medida cuantitativa que integra múltiples parámetros estructurales en un único valor numérico. Uno de los métodos más utilizados es el índice propuesto por Benedetti y Petrini, el cual se expresa como:

Este índice posibilita clasificar las edificaciones en niveles de vulnerabilidad sísmica, facilitando el examen estadístico y la comparación entre estructuras (Benedetti & Petrini, 1984).

Relación conceptual entre las variables: Las características estructurales condicionan la capacidad sísmica de la edificación, mientras que la vulnerabilidad sísmica expresa el grado de daño esperado. Desde el punto de vista conceptual, esta relación puede representarse como:

Donde CE constituye el conjunto de características estructurales evaluadas.

Riesgo sísmico: El riesgo sísmico corresponde al resultado de la interacción entre la amenaza sísmica, la vulnerabilidad y la exposición. En el contexto de edificaciones, el riesgo sísmico puede expresarse conceptualmente como:

$$R = A \times V \times E$$

Donde A constituye la amenaza sísmica, V la vulnerabilidad sísmica y E la exposición. Si bien el presente estudio se enfoca en la vulnerabilidad, el examen se contextualiza dentro del marco general del riesgo sísmico (Coburn & Spence, 2002).

Amenaza sísmica: La amenaza sísmica se refiere a la probabilidad de ocurrencia de movimientos sísmicos de determinada intensidad en una zona específica. En el Perú, la amenaza sísmica se define con base en la zonificación establecida en la Norma E.030, la cual considera la aceleración máxima del suelo y los espectros de diseño (MVCS, 2018).

Colapso estructural: El colapso estructural es la condición límite en la cual una edificación pierde su capacidad portante y estabilidad, produciendo el fallo total o parcial de su sistema resistente. En edificaciones de albañilería confinada, el colapso suele estar asociado a limitaciones en el confinamiento de los muros, discontinuidad estructural, irregularidades geométricas y deficiente calidad constructiva, aspectos que aumentan la vulnerabilidad sísmica.

Seguridad estructural: La seguridad estructural se entiende como el grado de confiabilidad que registra una edificación para resistir acciones sísmicas sin alcanzar estados de falla que comprometan su estabilidad global. Dentro del enfoque sismorresistente, el nivel mínimo exigido es la prevención del colapso estructural, garantizando que la estructura no experimente fallas súbitas ni colapsos durante un sismo severo.

Desempeño estructural ante sismos severos: El desempeño estructural frente a sismos severos evalúa el comportamiento global de una edificación ante movimientos sísmicos intensos. En este nivel se admite la ocurrencia de daños estructurales significativos, siempre que la estructura conserve su estabilidad básica y evite el colapso, permitiendo adicionalmente la evacuación segura de los ocupantes.

Capacidad portante residual: La capacidad portante residual hace referencia a la aptitud que mantiene una estructura para soportar cargas gravitacionales luego de haber sufrido daños relevantes durante un sismo. Este concepto resulta esencial para la prevención del colapso, ya que una edificación puede presentar deterioros severos sin colapsar, siempre que conserve una capacidad mínima suficiente.

Daño estructural aceptable: El daño estructural aceptable se entiende como el grado de deterioro que puede experimentar una edificación sin que se vea comprometida su estabilidad global. Según la Norma Técnica E.030, el diseño sismorresistente admite daños considerables ante sismos severos, siempre que estos no deriven en colapso, priorizando la protección de la vida humana sobre la conservación de la estructura.

Continuidad del sistema estructural: La continuidad del sistema estructural se refiere a la adecuada conexión y alineación de los elementos resistentes desde la cimentación hasta la cubierta. La ausencia de continuidad genera concentraciones de esfuerzos y fallas locales que aumentan el riesgo de colapso estructural.

Regularidad estructural: La regularidad estructural está relacionada con la uniformidad geométrica, de masa y de rigidez de una edificación. Las estructuras regulares registran un comportamiento sísmico más predecible y estable, reduciendo la probabilidad de colapso. Por el contrario, las irregularidades estructurales aumentan las demandas sísmicas locales, afectando negativamente la prevención del colapso estructural.

Redundancia estructural: La redundancia estructural se define como la presencia de múltiples elementos resistentes capaces de soportar las acciones sísmicas, de manera que la falla de uno de ellos no genere el colapso global de la edificación. En las edificaciones de albañilería confinada, una adecuada distribución de muros portantes en ambas direcciones más relevantes aporta significativamente a la prevención del colapso estructural.

Reforzamiento estructural como medida de prevención del colapso: El reforzamiento estructural abarca el conjunto de intervenciones técnicas destinadas a incrementar la resistencia, rigidez y ductilidad de una edificación existente. Estas

medidas posibilitan reducir la vulnerabilidad sísmica y constituyen una estrategia directa para la prevención del colapso estructural en edificaciones de albañilería confinada que registran limitaciones estructurales.

Cumplimiento de la normativa sismorresistente: El cumplimiento de la normativa sismorresistente, especialmente de las Normas Técnicas E.030 y E.070, garantiza que las edificaciones cuenten con criterios mínimos de diseño y construcción orientados a la prevención del colapso estructural. La aplicación adecuada de estas normas aporta a mejorar el desempeño sísmico y la seguridad estructural de las edificaciones.

II. METODOLOGÍA

2.1. Enfoque y tipo de investigación

Esta investigación fue de enfoque cuantitativo, debido a que se sustentó en la medición de las variables y en el tratamiento estadístico de la información obtenida en campo. Según Hernández Sampieri (2014), el enfoque cuantitativo se caracteriza por el empleo de instrumentos estructurados, la obtención de datos numéricos y la contrastación de hipótesis mediante procedimientos estadísticos. Este enfoque permitió examinar la relación existente entre la vulnerabilidad sísmica y el colapso estructural y facilitó la obtención de resultados expresados numéricamente. Por su finalidad, la investigación fue de tipo aplicado, porque buscó generar conocimientos orientados a una problemática concreta vinculada con la seguridad estructural de las edificaciones analizadas.

2.2. Diseño metodológico

La investigación tuvo un diseño no experimental, puesto que no se efectuó ninguna manipulación deliberada de las variables; estas únicamente se observaron y midieron tal como se manifestaron en su contexto natural. De acuerdo con Hernández Sampieri (2014), este diseño se emplea cuando el investigador se limita a observar y analizar fenómenos ya existentes. De igual manera, el proyecto presentó un diseño transversal, debido a que la recolección de datos de campo se realizó en un único momento y no en diferentes periodos, como ocurre en los diseños longitudinales. Este diseño fue adecuado porque permitió evaluar la vulnerabilidad sísmica y el colapso estructural de las edificaciones dentro del periodo establecido para el estudio.

2.3. Población y muestra

La población estuvo conformada por las edificaciones existentes en la calle Ricardo Palma, ubicada en el distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, departamento de La Libertad. De acuerdo con el levantamiento preliminar efectuado en campo, en dicha vía se identificaron 64 edificaciones, las cuales presentaron distintos sistemas estructurales y diversas características constructivas.

Del total de edificaciones registradas, aproximadamente el 40% correspondió a construcciones con sistemas estructurales diferentes de la albañilería confinada, entre ellas edificaciones de adobe con barro y tapial; por esta razón, fueron excluidas del estudio al no corresponder con el sistema estructural objeto de análisis. En consecuencia, el 60% restante, equivalente a 38 edificaciones, correspondió a viviendas construidas con sistema estructural de albañilería confinada y conformó el marco poblacional específico de la investigación.

Criterios de selección de la muestra

Criterios de inclusión

- a) Edificaciones ubicadas en la calle Ricardo Palma, distrito de Huamachuco.
- b) Viviendas con sistema estructural de albañilería confinada.
- c) Edificaciones de uno a cuatro niveles.
- d) Uso residencial o mixto.
- e) Condiciones adecuadas para inspección técnica en campo.
- f) Antigüedad mayor a un año.

Criterios de exclusión

- a) Edificaciones con sistemas estructurales distintos a la albañilería confinada.
- b) Construcciones fuera de la calle Ricardo Palma.
- c) Edificaciones de más de cuatro niveles.
- d) Inmuebles en ruina, construcción o sin acceso para inspección.
- e) Antigüedad menor o igual a un año.

A partir de la población específica conformada por 38 edificaciones de albañilería confinada, se procedió a determinar el tamaño de la muestra mediante la fórmula para poblaciones finitas, considerando un nivel de confianza del 95% y un error máximo permisible del 12%, valor aceptable para estudios de evaluación estructural en contextos urbanos.

Fórmula empleada:

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot q}{e^2(N - 1) + Z^2 \cdot p \cdot q}$$

Donde:

N=38 (edificaciones de albañilería confinada)

Z=1,96

p=0, 5; q=0,5

he=0,12

Resultado:

n=24,4≈25

Por lo tanto, la muestra final estuvo conformada por 25 edificaciones de albañilería confinada, seleccionadas de acuerdo con los criterios de inclusión y exclusión

establecidos, con el propósito de mantener la representatividad técnica y la coherencia metodológica del estudio.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica principal que se utilizó fue la observación directa, ya que permitió evaluar las características estructurales y el estado de las edificaciones de albañilería confinada sin modificar sus condiciones reales. Como técnica complementaria se empleó el análisis documental, mediante la revisión de normativa técnica y documentos relacionados con el tema de estudio, con la finalidad de contrastar y fortalecer la información obtenida en campo.

El instrumento que se utilizó para la recolección de datos fue una ficha técnica de evaluación estructural, elaborada específicamente para esta investigación. La ficha permitió registrar de manera ordenada y sistemática las características estructurales de las edificaciones. Su aplicación se realizó mediante inspección directa en campo, lo que facilitó obtener información objetiva sobre la condición estructural real de las edificaciones evaluadas.

2.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

La información obtenida mediante la ficha técnica de evaluación de vulnerabilidad sísmica fue organizada inicialmente en Microsoft Excel, lo que permitió ordenar, sistematizar y analizar los datos recopilados en campo. Con el software ETABS se realizó el modelamiento de tres edificaciones y se aplicó un análisis sísmico para determinar la probabilidad de colapso; asimismo, Excel se utilizó para obtener porcentajes, consolidar la información y elaborar los gráficos. Estos procedimientos permitieron describir los niveles de vulnerabilidad sísmica identificados y el colapso estructural de las edificaciones.

Para analizar la información se utilizaron las funciones estadísticas de Excel, mediante las cuales se efectuó el tratamiento de los datos y se determinó el grado de relación entre la vulnerabilidad sísmica y el colapso estructural. Los resultados fueron presentados mediante tablas y gráficos y, posteriormente, se interpretaron de acuerdo con los objetivos de la investigación.

2.6. Aspectos éticos en la investigación

La presente investigación se desarrolló respetando principios éticos y morales de carácter técnico y científico. Desde la etapa inicial de planificación, durante la recopilación de datos y hasta el análisis de la información, se priorizaron

permanentemente la responsabilidad, la transparencia y la coherencia con las normas éticas establecidas por la universidad.

En relación con la confidencialidad de la información obtenida durante la evaluación de vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de albañilería confinada de la calle Ricardo Palma, la identificación de las edificaciones se realizó mediante un orden numérico, sin revelar la identidad de los propietarios ni la ubicación exacta de cada estructura. De esta forma se evitó la divulgación de datos personales que pudiera comprometer la identidad de los dueños. De igual manera, la información recopilada fue utilizada exclusivamente con fines académicos y científicos, garantizando un uso responsable y limitado al alcance del estudio.

Respecto de la integridad del estudio, la recolección de datos fue obtenida mediante la observación directa en campo, aplicando la ficha técnica de recolección de datos previamente establecida. No se alteraron, manipularon u omitieron la información registrados durante el proceso de evaluación en campo, asegurando que los hallazgos reflejen las características reales de las edificaciones de albañilería confinada evaluadas. Lo mismo sucedió con el examen y la interpretación de los hallazgos, ya que se efectuaron con objetividad, evitando beneficios personales o juicios subjetivos que pudieran afectar la validez de la investigación. Por su parte las conclusiones y recomendaciones fueron fundamentadas netamente con la información recolectados y en el examen técnico realizado, manteniendo coherencia con los objetivos y las hipótesis planteadas.

Por último, esta investigación se realizó considerando los principios éticos institucionales de la universidad y los lineamientos reconocidos internacionalmente para las investigaciones científicas, entre ellos el respeto, la responsabilidad y la honestidad académica. De igual forma, se respetaron las normas de citación y referenciación establecidas por APA, séptima edición, reconociendo las fuentes teóricas y normativas utilizadas, lo que contribuyó a preservar la originalidad y el rigor académico del estudio.

III. RESULTADOS

En este capítulo se presentan y analizan los resultados obtenidos mediante la aplicación de la ficha técnica de vulnerabilidad sísmica a las 25 edificaciones de albañilería confinada ubicadas en la calle Ricardo Palma, distrito de Huamachuco. La ficha permitió evaluar las características generales de cada edificación, su vulnerabilidad física y su vulnerabilidad estructural; posteriormente, se determinó la vulnerabilidad total de cada caso. Con los resultados obtenidos se efectuó el análisis descriptivo y correlacional correspondiente, de acuerdo con los objetivos planteados en la investigación.

Bajo este enfoque, se registra el número de niveles como un primer criterio descriptivo relevante, el cual posibilita identificar la distribución vertical de las estructuras analizadas y constituye un indicador básico para la caracterización del conjunto de edificaciones estudiadas.

Resultados de la ficha técnica de evaluación de las edificaciones

Numero de niveles de las edificaciones

Tabla 11

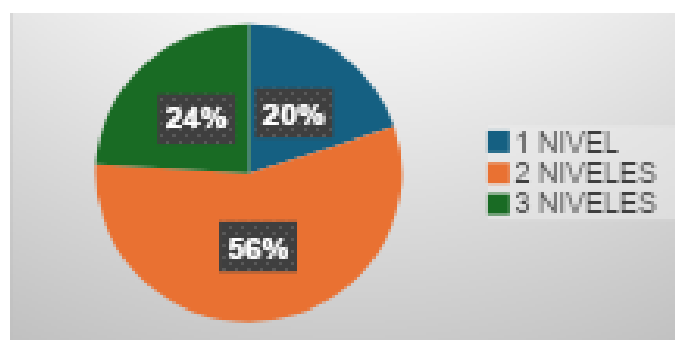
Cantidad de pisos

EDIFICACIONES	Nº DE NIVELES
5	1
14	2
6	3

Nota. Resultados obtenidos mediante ficha técnica de vulnerabilidad sísmica.

Figura 2

Número de pisos de las edificaciones evaluadas



Nota. Gráfico que muestra el porcentaje de niveles de las viviendas

En la tabla 11 y en la figura 2 se refleja la cantidad de pisos que tienen las edificaciones analizadas. Conforme a estos hallazgos; 5 edificaciones son de 1 nivel lo

cual constituye a un 20% del total de las edificaciones analizadas, mientras que 14 edificaciones son de 2 niveles representando un 56% de la refleja y por último 6 edificaciones son de 3 niveles las cuales constituyen un 24% del total de las edificaciones analizadas.

Uso de las edificaciones

Tabla 12

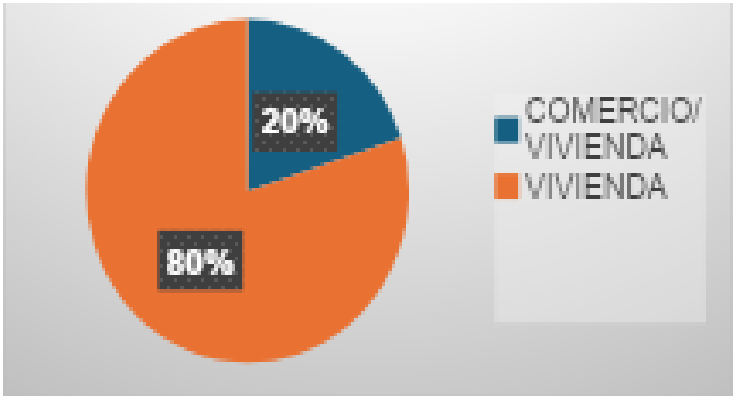
Uso de las edificaciones

EDIFICACIONES	USO
5	COMERCIO/VIVIENDA
20	VIVIENDA

Nota. Resultados obtenidos mediante ficha técnica de vulnerabilidad sísmica.

Figura 3

Uso de las edificaciones



Nota. Gráfico que muestra el porcentaje de uso de las viviendas

En la tabla 12 y en la figura 3 se refleja el uso que tienen las edificaciones analizadas. Conforme a estos hallazgos; 5 de las edificaciones analizadas se utiliza para comercio y vivienda al mismo tiempo representando un 20% de la refleja, mientras que 20 de las edificaciones analizadas se recurre a netamente como viviendas, las cuales conforman el 80 % de la refleja total.

Ubicación de las edificaciones en la cuadra

Tabla 13

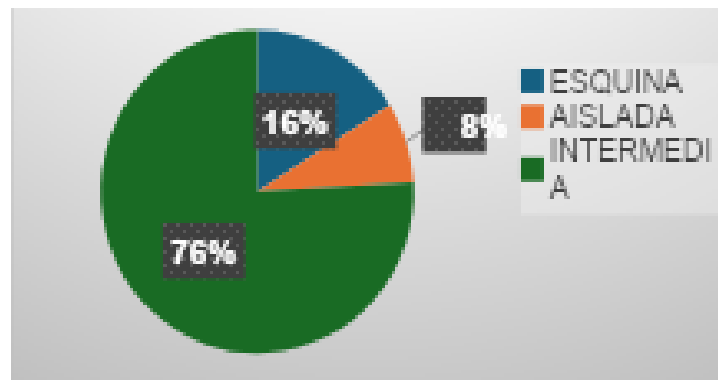
Ubicación de las edificaciones

EDIFICACIONES	UBICACION EN LA CUADRA
4	ESQUINA
2	AI SLADA
19	INTERMEDIA

Nota. Resultados obtenidos mediante ficha técnica de vulnerabilidad sísmica.

Figura 4

Ubicación de las edificaciones



Nota. Gráfico que muestra el porcentaje de ubicación de las viviendas

De acuerdo a la información que reflejan la tabla 13 y la figura 4, se puede observar que el 76% de las edificaciones analizadas las cuales está conformada por 19 edificaciones se encuentran ubicadas intermedio de otras edificaciones, aun así también existen 2 edificaciones las cuales son el 8% de la refleja que están ubicadas en un lugar aislado, esto quiere decir que no tiene edificaciones a sus costados, por ultimo también se encontró que el 16 % de las edificaciones analizadas están ubicadas en esquina de una cuadra o manzana.

Antigüedad de las edificaciones

Tabla 14

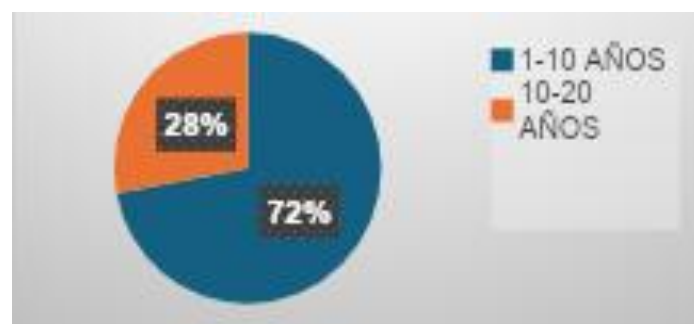
Antigüedad de las edificaciones

EDIFICACIONES	ANTIGÜEDAD
18	1-10 AÑOS
7	10-20 AÑOS

Nota. Resultados obtenidos mediante ficha técnica de vulnerabilidad sísmica.

Figura 5

Antigüedad de las edificaciones



Nota. Gráfico que muestra el porcentaje de antigüedad de las viviendas

La antigüedad de las edificaciones se clasificó por décadas como se refleja en la tabla 14 y la figura 5. Según estos datos se alcanzó que el 28% de la refleja que está formada por 7 edificaciones tienen una antigüedad mayor de 10 años, pero menor de 20 años, desde otro ángulo 18 edificaciones que son la mayor parte de la refleja fue construida durante la última década, lo que equivale a un 72% de las viviendas evaluadas.

Vulnerabilidad estructural

La vulnerabilidad estructural de las edificaciones analizadas se estableció a partir del análisis de 5 ítems, relacionados con la configuración y continuidad estructural y la regularidad estructural de la edificación. Cada ítem fue valorado en una escala numérica de 0 a 2 puntos, donde se calificó de la siguiente manera; bueno (0), regular (1) malo (2). El nivel de vulnerabilidad se estableció con base en los siguientes rangos 0.00 – 0.66 → Bajo, 0.67 – 1.33 → Medio y 1.34 – 2.00 → Alto.

Tabla 15

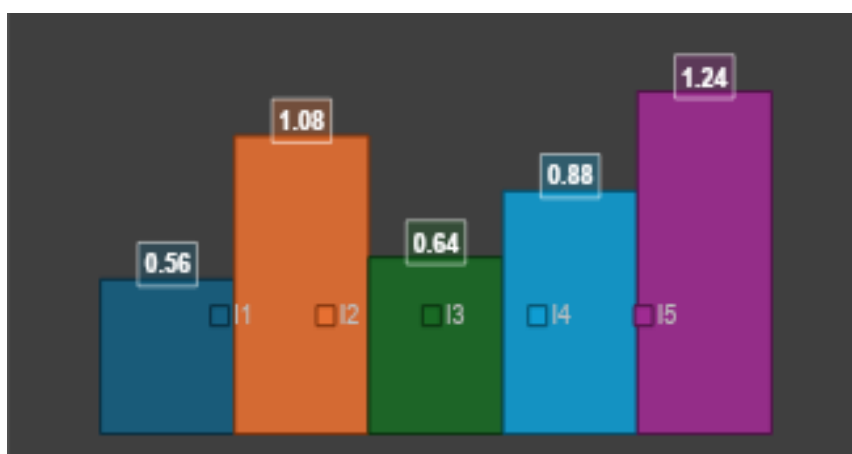
Promedio de los ítems de vulnerabilidad estructural

ITEMS	PROMEDIO
I1	0.56
I2	1.08
I3	0.64
I4	0.88
I5	1.24

Nota. Resultados obtenidos mediante ficha técnica de vulnerabilidad sísmica.

Figura 6

Promedio de ítems de vulnerabilidad estructural



Nota. Gráfico que muestra el promedio de vulnerabilidad estructural que presentan las viviendas

La tabla 15 y la figura 6, registran el promedio obtenido de los ítems que se valoraron para determinar la Vulnerabilidad Estructural en las 25 edificaciones de albañilería confinada.

En el primer ítem que evalúa Existencia de columnas y vigas de confinamiento, se alcanzó un promedio de 0.56 el cual se denomina nivel bajo. En otras palabras, que las edificaciones registran características adecuadas en relación con la presencia de columnas y vigas de confinamiento.

En el segundo ítem el cual evalúa Continuidad de elementos estructurales, se alcanzó un promedio de 1.08, ubicándose en el nivel medio. Este resultado refleja la existencia de limitaciones moderadas debido a discontinuidades estructurales.

En relación con el tercer ítem denominado, Regularidad en planta, el promedio fue 0.64, correspondiente a nivel bajo, lo que señala que la mayoría de las edificaciones registra configuraciones en planta relativamente regulares.

En el cuarto ítem que evalúa Regularidad en elevación, se alcanzó un promedio de 0.88, mostrando que las edificaciones registran un nivel de medio, evidenciando irregularidades en la configuración vertical.

En el quinto y último ítem se valoró las Aberturas en muros portantes el cual registró el promedio más alto, con 1.24 demostrando un nivel medio. Esto quiere decir que la dimensión de aberturas en muros es el aspecto más crítico dentro de la dimensión estructural. Estos hallazgos reflejan que las más relevantes debilidades estructurales se concentran en la configuración de muros portantes y en la continuidad de los elementos estructurales, los cuales son aspectos determinantes en la respuesta sísmica de edificaciones de albañilería confinada.

Tabla 16

Resultados de ítems por cantidad de edificaciones de la Vulnerabilidad Estructural

Ítem	Bueno	%	Regular	%	Malo	%
I1	12	48%	12	48%	1	4%
I2	6	24%	11	44%	8	32%
I3	10	40%	14	56%	1	4%
I4	8	32%	12	48%	5	20%
I5	3	12%	13	52%	9	36%

Nota. Resultados obtenidos mediante ficha técnica de vulnerabilidad sísmica.

Como refleja la tabla 16; En el Ítem 1 se observa que 12 edificaciones 48 % registran condición buena, 12 edificaciones 48 % condición regular y 1 edificación 4% condición mala. Predomina la condición buena y regular.

En el Ítem 2; 6 edificaciones 24 % reflejan condición buena, 11 edificaciones 44 % condición regular y 8 edificaciones 32 % condición mala. Esto refleja una cantidad considerable de edificaciones con discontinuidades estructurales.

En relación con el Ítem 3, 10 edificaciones 40 % tienen condición buena, 14 edificaciones 56% condición regular y 1 edificaciones 4 % condición mala. Esto refleja un comportamiento regular, con incidencia de irregularidades moderadas en planta.

En el Ítem 4; 8 edificaciones 32% reflejan condición buena, 12 edificaciones 48% condición regular y 5 edificaciones 20% condición mala. Se observa que las edificaciones registran irregularidades verticales.

En el Ítem 5; 3 edificaciones 12% registran condición buena, 13 edificaciones 52% condición regular y 9 edificaciones 36% condición mala, convirtiéndose en el ítem más crítico de la dimensión, producto de la alta presencia de aberturas inadecuadas en muros portantes.

Tabla 17

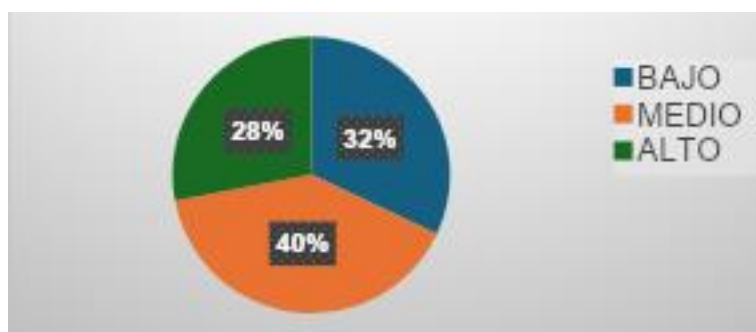
Vulnerabilidad estructural general

EDIFICACION	NIVEL DE VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL
8	BAJO
10	MEDIO
7	ALTO

Nota. Resultados obtenidos mediante ficha técnica de vulnerabilidad sísmica.

Figura 7

Porcentaje de vulnerabilidad estructural



Nota. Gráfico que muestra el porcentaje de vulnerabilidad estructural de las viviendas.

Conforme a la información de las tablas 17 y la figura 7; los hallazgos reflejan que; de las 24 edificaciones evaluadas 8 edificaciones registran un nivel de vulnerabilidad estructural bajo representando un 32% de la refleja, mientras que 10 edificaciones registran un nivel de vulnerabilidad estructural medio y esto constituye al 40% de las edificaciones analizadas, evidenciando la presencia de limitaciones parciales que podrían comprometer el desempeño estructural frente a un futuro evento sísmico. por ultimo las 7 edificaciones restantes que suman un 28% tienen un nivel de vulnerabilidad estructural alto, lo que refleja características desfavorables vinculadas a limitaciones en el confinamiento, irregularidades geométricas y discontinuidades del sistema estructural.

En términos generales, el promedio obtenido para la vulnerabilidad estructural fue 0.88, valor que corresponde a un nivel medio de vulnerabilidad estructural. De forma similar, el 40% de las edificaciones se clasifica en nivel medio, el 32% en nivel bajo y el 28% en nivel elevado, evidenciándose que el 68% registra algún grado significativo de vulnerabilidad estructural.

Vulnerabilidad física

A continuación, la vulnerabilidad física de las edificaciones analizadas se estableció a partir del análisis de 8 ítems, relacionados con la calidad de materiales y estado de conservación de la edificación. Cada ítem fue valorado en una escala numérica de 0 a 2 puntos, donde se calificó de la siguiente manera; bueno (0), regular (1) malo (2). El nivel de vulnerabilidad se estableció con base en los siguientes rangos 0.00 – 0.66 → Bajo, 0.67 – 1.33 → Medio y 1.34 – 2.00 → Alto.

Tabla 18

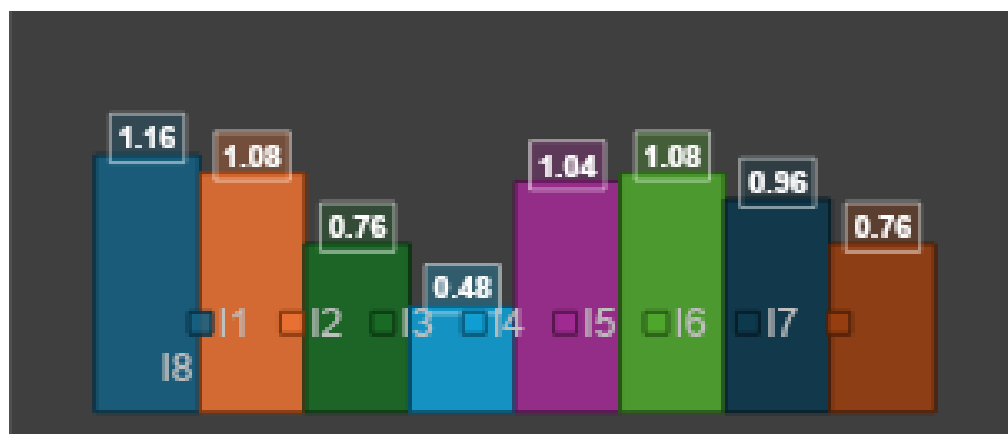
Promedios de los ítems de vulnerabilidad física

ITEMS	PROMEDIO
I1	1.16
I2	1.08
I3	0.76
I4	0.48
I5	1.04
I6	1.08
I7	0.96
I8	0.76

Nota. Resultados obtenidos mediante ficha técnica de vulnerabilidad sísmica.

Figura 8

Promedio por ítems de las 25 edificaciones



Nota. Gráfico que muestra el promedio de vulnerabilidad física de las viviendas

Conforme a la tabla 18 y la figura 8; se puede observar que los promedios obtenidos de el proceso de evaluación de vulnerabilidad sísmica respecto de los ítems que conforman la vulnerabilidad física de las edificaciones se encontraron lo siguiente.

El primer ítem, correspondiente a Unidades de albañilería, mostro un promedio de 1.16, demostrando estar en el nivel medio de vulnerabilidad. Este resultado señala que, las edificaciones registran limitaciones moderadas en la calidad o condición de las unidades de albañilería.

En el segundo ítem, referido al Espesor de mortero en juntas, se alcanzó un promedio de 1.08, estando igualmente ubicado en el nivel medio. Este valor refleja variaciones en el espesor del mortero y posibles limitaciones en la ejecución de juntas, lo cual afecta la adecuada transmisión de esfuerzos entre las unidades de albañilería y reduce la capacidad estructural de la edificación.

En relación con el tercer ítem, relacionado con el Estado visible de columnas y vigas de confinamiento, el promedio fue 0.76, que corresponde al nivel medio. Esto refleja la presencia de deterioros visibles moderados en los elementos de confinamiento, tales como fisuras superficiales o desgaste, sin evidenciar un daño de elevada magnitud.

En el cuarto ítem, que evalúa la Condición de losas y techos, se registró un promedio de 0.48, demostrando un nivel bajo de vulnerabilidad. Esto demuestra que, en la mayoría de las edificaciones, las losas y techos registran características relativamente adecuadas.

El quinto ítem, que evalúa la Presencia de fisuras o grietas en muros, mostro un promedio de 1.04, clasificado en nivel medio de vulnerabilidad. Este valor se traduce en la existencia de fisuras y grietas de manera moderada en las edificaciones analizadas.

En el sexto ítem, referente a Presencia de humedad, se encontró un promedio de 1.08, también en nivel medio. Este resultado refleja que una proporción considerable de edificaciones registra problemas de humedad,

El séptimo ítem, referido al Deterioro superficial general, mostro un promedio de 0.96, que pertenece al nivel medio de vulnerabilidad. Este valor señala la presencia de desgaste superficial, aunque sin alcanzar niveles críticos en las edificaciones analizadas.

Por último, el octavo ítem, que evaluó el Desprendimiento de recubrimientos, registró un promedio de 0.76, ubicándose en nivel medio. Este resultado refleja la existencia de desprendimientos parciales.

Tabla 19

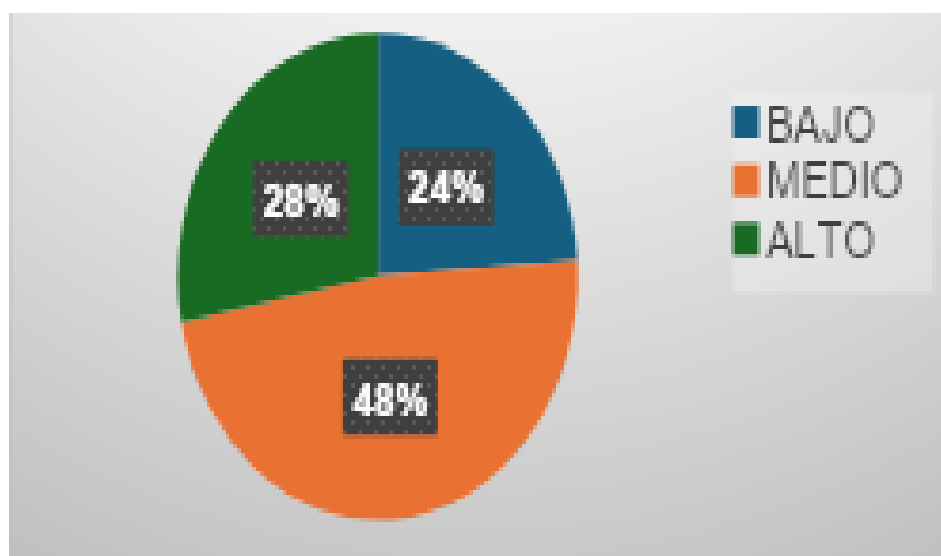
Vulnerabilidad física global

EDIFICACION	NIVEL DE VULNERABILIDAD FÍSICA
6	BAJO
12	MEDIO
7	ALTO

Nota. Resultados obtenidos mediante ficha técnica de vulnerabilidad sísmica.

Figura 9

Porcentaje de vulnerabilidad física



Nota. Gráfico que muestra el porcentaje de vulnerabilidad física de las viviendas

La tabla 19 y la figura 9 reflejan los hallazgos en los que se refleja que; de las 25 edificaciones evaluadas 6 edificaciones registran un nivel de vulnerabilidad física bajo representando un 24% de la refleja, mientras que 12 edificaciones registran un nivel de vulnerabilidad física medio y esto constituye al 48% de las edificaciones analizadas, por ultimo las 7 edificaciones restantes que suman un 28% tienen un nivel de vulnerabilidad física alto. Esto en conjunto refleja que 19 edificaciones evaluadas tienen un nivel medio y alto de vulnerabilidad física, lo cual se traduce que la mayoría de las edificaciones reflejan características físicas desfavorables.

De manera global el 76 % de las edificaciones registran un grado significativo de vulnerabilidad física entre medio y alto. De forma similar la Vulnerabilidad Física después de evaluar las 25 edificaciones de albañilería confinada, registró un promedio general aproximado de 0.92 valor que se ubica dentro del rango un nivel medio de vulnerabilidad según la escala establecida.

Nivel de vulnerabilidad sísmica total

Tabla 20

Nivel de vulnerabilidad sísmica total de las 25 edificaciones

Edificación	Vulnerabilidad estructural	Vulnerabilidad física	Vulnerabilidad Total
E01	Bajo	Bajo	Bajo
E02	Medio	Medio	Medio
E03	Alto	Alto	Alto
E04	Bajo	Bajo	Bajo
E05	Alto	Alto	Alto
E06	Medio	Medio	Medio
E07	Bajo	Bajo	Bajo
E08	Medio	Medio	Medio
E09	Alto	Alto	Alto
E10	Medio	Medio	Medio
E11	Bajo	Medio	Medio
E12	Medio	Medio	Medio
E13	Bajo	Bajo	Bajo
E14	Medio	Medio	Medio
E15	Alto	Alto	Alto
E16	Medio	Medio	Medio
E17	Alto	Alto	Alto
E18	Medio	Medio	Medio
E19	Alto	Alto	Alto
E20	Bajo	Medio	Medio
E21	Medio	Bajo	Medio
E22	Bajo	Bajo	Bajo
E23	Medio	Medio	Medio
E24	Alto	Alto	Alto
E25	Bajo	Medio	Medio

Nota. Resultados obtenidos mediante ficha técnica de vulnerabilidad sísmica.

Tabla 21

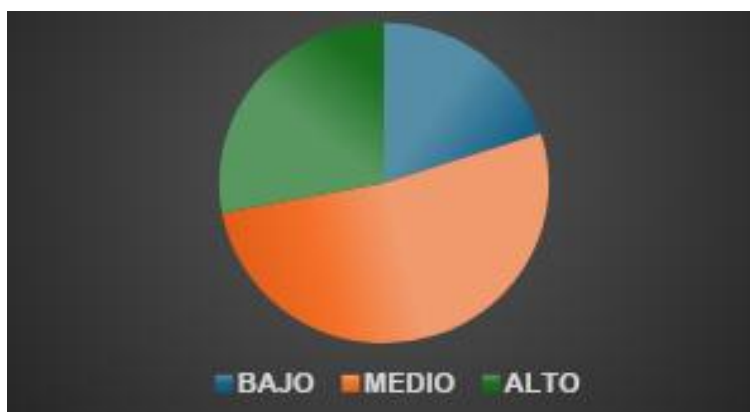
Nivel de vulnerabilidad sísmica

EDIFICACIÓN	NIVEL DE VULNERABILIDAD SISMICA TOTAL
5	BAJO
13	MEDIO
7	ALTO

Nota. Resultados obtenidos mediante ficha técnica de vulnerabilidad sísmica.

Figura 10

Nivel de vulnerabilidad sísmica total



Conforme a las tablas 20, 21 y la figura 10, los hallazgos obtenidos de el proceso de evaluación de vulnerabilidad sísmica de las 25 edificaciones evaluadas, se alcanzó que 13 edificaciones las cuales constituyen al 52% de la muestra registran un nivel de vulnerabilidad medio, seguido por un 28% de edificaciones las cuales reflejan un nivel de vulnerabilidad sísmica alto, y el otro 20% registra un nivel de vulnerabilidad sísmica bajo. Estos hallazgos revelan que la mayor parte de las construcciones no registra características óptimas de seguridad estructural frente a futuros sismos.

El promedio de vulnerabilidad obtenido de todas las edificaciones es (1.08), calculado en función de la escala establecida previamente, posiciona globalmente a la muestra en un nivel de vulnerabilidad sísmica medio, lo que refleja una condición general de riesgo moderado. Desde la perspectiva técnico, el 80% de las edificaciones analizadas registran niveles de vulnerabilidad sísmica medio y alto. Lo cual constituye características no favorables de las estructuras y refleja limitaciones tanto físicas como estructurales, las cuales afectan directamente la capacidad de las edificaciones para disipar fuerzas sísmicas. Estos hallazgos posibilitan demostrar que la zona de estudio refleja una vulnerabilidad sísmica media con tendencia a alta.

Resultados obtenidos mediante modelamientos Etabs: Se detallan los hallazgos obtenidos mediante los modelamientos estructurales en ETABS se registran a partir del análisis en la dirección “X”, el cual posibilita evaluar el comportamiento de la edificación frente a solicitaciones sísmicas en dicho eje.

Tabla 22*Parámetros sísmicos de ETABS en la dirección X*

Zona sísmica: Zi	Z3
Factor de zona sísmica: Zi	0.35
Categoría de la edificación: U	1
Periodo de la edificación: T	0.389
Amplificación sísmica: C	2.50
Tipo de suelo: Si	S3
Factor de suelo: Si	1.2
Exponente k para Etabs	1

Fuente: ETABS, 2026.

Se observa que el proyecto se ubica en la zona sísmica Z3, correspondiente a una región de alta peligrosidad sísmica, con un factor de zona de 0.35. La edificación pertenece a la categoría U = 1 y posee un período fundamental de 0.389 s. De igual modo, se estableció una amplificación sísmica (C) de 2.50, lo que refleja una relevante respuesta dinámica de la estructura ante eventos sísmicos. En relación con las características geotécnicas, el terreno corresponde a un suelo tipo S3, con un factor de suelo de 1.2, mientras que el exponente k adoptado para el examen es igual a 1. Estos parámetros sirven como base para la determinación de las fuerzas sísmicas de diseño de las estructuras.

Tabla 23*Parámetros sísmicos de ETABS en la dirección X*

Periodo inicial:	Tp	0.9
Periodo límite:	Tl	2.5
Irregularidad en planta: Ip		1
Irregularidad en altura: Ia		1
Coef. Básico de reducción: R0		3
Coef. De reducción final		3
ZUS/R0*Ia*Ip		0.1800
C		Def.esp
Peso de la edificación: P (tonnef)		695.68573
Coeficiente basal: Coef. Basal		0.4500
Cortante estática: Vest (tonnef)		25.59
Cortante dinámica: Vdin (tonnef)		11.12

Fuente: ETABS, 2026.

La tabla registra los hallazgos del análisis sísmico estático de la edificación. Se considera un período límite (Tl) de 2.5 s, sin irregularidades en planta ni en altura ($I_p = 1$ e $I_a = 1$), y un coeficiente básico y final de reducción sísmica de 3. Con los parámetros sísmicos adoptados, se obtiene un coeficiente sísmico basal de 0.0450. Para un peso total

de la edificación de 695.69 tonf, la cortante estática basal (Vest) resulta de 25.59 tonf, mientras que la cortante dinámica (Vdin) es de 11.12 tonf.

A continuación, se registra la síntesis de los parámetros sísmicos utilizados en el modelamiento estructural desarrollado en ETABS para la dirección

Tabla 24

Parámetros sísmicos de ETABS en la dirección Y

Zona sísmica: Zi	Z3
Factor de zona sísmica: Zi	0.45
Categoría de la edificación: U	1
Periodo de la edificación: T	0.155
Amplificación sísmica: C	2.50
Tipo de suelo: Si	S3
Factor de suelo: Si	1.2
Exponente k para ETABS	1

Fuente: ETABS, 2026.

La tabla 24 registra los hallazgos del análisis sísmico estático de la edificación. Se considera un período límite (Tl) de 2.5 s, sin irregularidades en planta ni en altura ($I_p = 1$ e $I_a = 1$), y un coeficiente básico y final de reducción sísmica de 3. Con los parámetros sísmicos adoptados, se obtiene un coeficiente sísmico basal de 0.0450. Para un peso total de la edificación de 695.69 tonf, la cortante estática basal (Vest) resulta de 25.59 tonf, mientras que la cortante dinámica (Vdin) es de 11.12 tonf.

Tabla 25

Análisis sísmico en ETABS en dirección Y

Periodo inicial: Tp	0.9
Periodo límite: Tl	2.5
Irregularidad en planta: Ip	1
Irregularidad en altura: Ia	1
Coef. Básico de reducción: R0	3
Coef. De reducción final	3
ZUS/R0*Ia*Ip	0.1800
C	Def.esp
Peso de la edificación: P (tonnef)	56.876
Coeficiente basal: Coef. Basal	0.4500
Cortante estática: Vest (tonnef)	25.5942
Cortante dinámica: Vdin (tonnef)	11.51

Fuente: ETABS, 2026.

La Tabla 25 refleja los hallazgos del análisis sísmico en la dirección Y. Se considera un período de vibración de 0.9 s y un período límite (Tl) de 2.5 s. De igual

modo, la estructura no registra irregularidades en planta ni en altura ($I_p = 1$ e $I_a = 1$), manteniéndose un coeficiente de reducción sísmica final de 3. El valor de $ZUCS/R = 0.1800$ posibilita obtener un coeficiente sísmico basal de 0.4500. Para un peso total de la edificación de 56.876 tonf, se establece una cortante estática basal (V_{est}) de 25.5942 tonf y una cortante dinámica (V_{din}) de 11.51 tonf.

Tabla 26

Parámetros utilizados para la determinación del sistema estructural

	T		C(t)	
0.2tp	0.18	0.18	2.5	0
Tp	0.9	0.9	2.5	0
Tl	2.5	2.5	0.9	0

Fuente: ETABS, 2026.

Se registra los parámetros utilizados para la determinación del sistema estructural, donde se observa un período fundamental (T_p) de 0.9 s, un período límite (T_l) de 2.5 s y un valor de $C = 2.5$, parámetros que intervienen en el proceso de evaluación de la respuesta sísmica. En conjunto, los hallazgos confirman que la estructura cumple con las características para ser clasificada como un Sistema Dual, adecuado para edificaciones ubicadas en zonas de elevada sismicidad.

A continuación, se registran el espectro sísmico de diseño empleado en el análisis dinámico modal espectral de la edificación, elaborado conforme a los parámetros establecidos por la Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente del Reglamento Nacional de Edificaciones. Este espectro constituye la variación del coeficiente de amplificación sísmica $C(T)$ en función del período de vibración T , constituyendo la base para determinar las aceleraciones espectrales que actúan sobre la estructura durante un evento sísmico.

Tabla 27

Espectro sísmico de diseño

T	C(T)
0	1.00
0.05	1.42
0.1	1.83
0.15	2.25
0.2	2.50
0.25	2.50
0.3	2.50
0.35	2.50
0.4	2.50

0.45	2.50
0.5	2.50
0.55	2.50
0.6	2.50
0.65	2.50
0.7	2.50
0.75	2.50
0.8	2.50
0.85	2.50
0.9	2.50
0.95	2.37
1	2.25
1.1	2.05
1.2	1.88
1.3	1.73
1.4	1.61
1.5	1.50
1.6	1.41
1.7	1.32
1.8	1.25
1.9	1.18
2	1.13
2.1	1.07
2.2	1.02
2.3	0.98
2.4	0.94
2.5	0.90
2.6	0.83
2.7	0.77
2.8	0.72
2.9	0.67
3	0.63
3.1	0.59
3.2	0.55
3.3	0.52
3.4	0.49
3.5	0.46
3.6	0.43
3.7	0.41
3.8	0.39
3.9	0.37
4	0.35
4.4	0.29
4.8	0.24
5.2	0.21
5.6	0.18

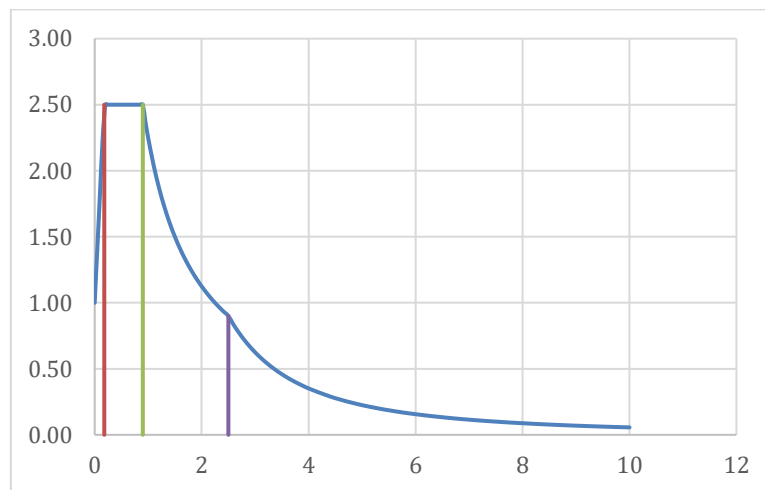
6	0.16
6.5	0.13
7	0.11
7.5	0.10
8	0.09
8.5	0.08
9	0.07
9.5	0.06
10	0.06

Fuente: ETABS, 2026.

Se observa que, para períodos cortos, el coeficiente espectral incrementa desde un valor inicial de 1.00 hasta alcanzar un valor máximo de 2.50, el cual permanece constante entre los períodos comprendidos aproximadamente entre 0.20 s y 0.90 s. Esta meseta representa la zona de mayor demanda sísmica, donde las estructuras cuyos períodos fundamentales se encuentran dentro de este intervalo experimentan las mayores aceleraciones espectrales. Posteriormente, a medida que aumenta el período de vibración, el valor de $C(T)$ disminuye progresivamente, llegando a 0.06 para un período de 10 s, lo que refleja la reducción de la demanda sísmica en estructuras más flexibles.

Figura 11

Espectro sísmico



La Figura 12 registra el espectro sísmico de diseño $C(T)$ empleado para el examen de la edificación. Se observa que el coeficiente de amplificación sísmica alcanza un valor máximo de $C = 2.5$ en el tramo inicial del espectro, correspondiente a los períodos cortos. A partir del período característico $T_p = 0.9$ s, la curva inicia una disminución progresiva, reflejando la reducción de las aceleraciones espectrales conforme aumenta el período estructural. De igual modo, el período límite $T_l = 2.5$ s marca el inicio de una zona donde la respuesta sísmica decrece de manera más pronunciada.

Datos por niveles procesados por modelamiento en ETABS

A continuación, se registra los valores de deriva máxima (Max Drift) obtenidos para la estructura N°18 de dos pisos en la dirección X, considerando las combinaciones de carga sísmica establecidas.

Tabla 28

Estructura N°18 de 2 pisos en dirección X

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	Item	Max Drift
Story2	DRIFT X	Combination	Max	-	Diaph D1 X	0.0081
Story2	DRIFT X	Combination	Max	-	Diaph D1 Y	0.0076
Story2	DRIFT X	Combination	Min	-	Diaph D1 X	0.0081
Story2	DRIFT X	Combination	Min	-	Diaph D1 Y	0.0076
Story1	DRIFT X	Combination	Max	-	Diaph D1 X	0.0103
Story1	DRIFT X	Combination	Max	-	Diaph D1 Y	0.0089
Story1	DRIFT X	Combination	Min	-	Diaph D1 X	0.0103
Story1	DRIFT X	Combination	Min	-	Diaph D1 Y	0.0089

Fuente: ETABS, 2026.

Los hallazgos de la tabla 28 reflejan que las mayores derivas se registran en el primer nivel (Story 1), alcanzando valores máximos de 0.0103 en el eje X y 0.0089 en el eje Y. En el segundo nivel (Story 2), las derivas son menores, con valores máximos de 0.0081 y 0.0076, respectivamente. Evidenciando que el primer nivel concentra las mayores deformaciones laterales de la estructura, aunque todas las derivas obtenidas se mantienen dentro de los límites permisibles establecidos por la normativa sísmica vigente, garantizando un adecuado desempeño estructural ante eventos sísmicos.

Desde otro ángulo, se refleja los valores de deriva máxima (Max Drift) para la estructura de dos pisos analizada en la dirección Y.

Tabla 29

Estructura N°18 de 2 pisos en dirección Y

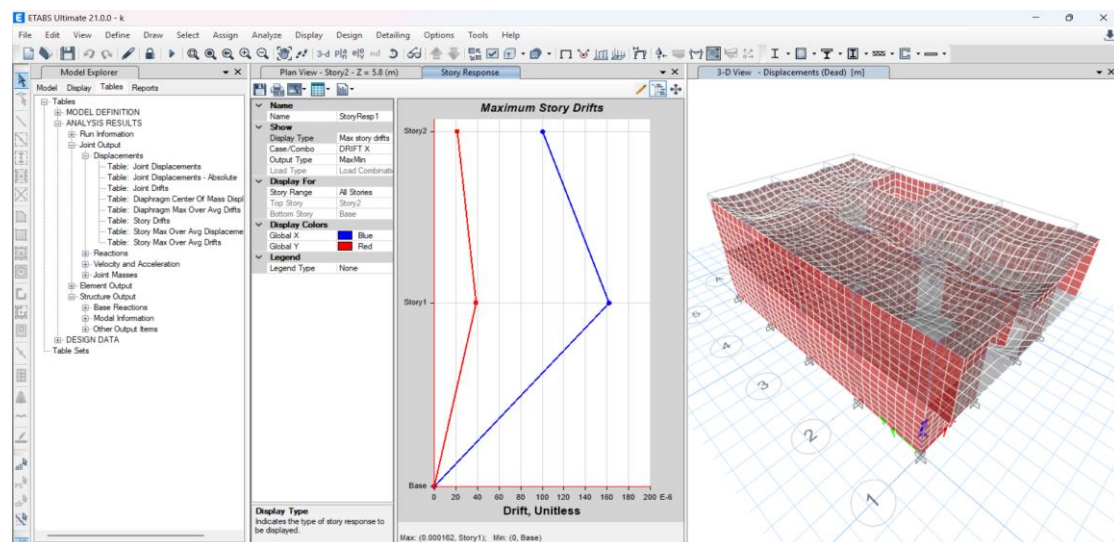
Story	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	Item	Max Drift
Story2	DRIFT Y	Combination	Max	-	Diaph D1 X	0.0078
Story2	DRIFT Y	Combination	Max	-	Diaph D1 Y	0.0082
Story2	DRIFT Y	Combination	Min	-	Diaph D1 X	0.0078
Story2	DRIFT Y	Combination	Min	-	Diaph D1 Y	0.0082
Story1	DRIFT Y	Combination	Max	-	Diaph D1 X	0.0095
Story1	DRIFT Y	Combination	Max	-	Diaph D1 Y	0.0102
Story1	DRIFT Y	Combination	Min	-	Diaph D1 X	0.0095
Story1	DRIFT Y	Combination	Min	-	Diaph D1 Y	0.0102

Fuente: ETABS, 2026.

La Tabla 29 refleja que el primer nivel (Story 1) registra las mayores deformaciones laterales, con valores máximos de 0.0102 en el eje Y, y 0.0095 en el eje X. Por su parte, el segundo nivel (Story 2) registra derivas menores, alcanzando valores de 0.0082 y 0.0078, respectivamente. La distribución de las derivas señala un comportamiento estructural regular, concentrándose las mayores demandas en el nivel inferior. De igual modo, los valores obtenidos se encuentran por debajo de los límites normativos permitidos, lo que confirma que la estructura posee un desempeño sísmico adecuado y una respuesta satisfactoria frente a las acciones laterales de diseño.

Figura 12

Derivas máximas y deformación sísmica de la estructura N°18 de 2 pisos

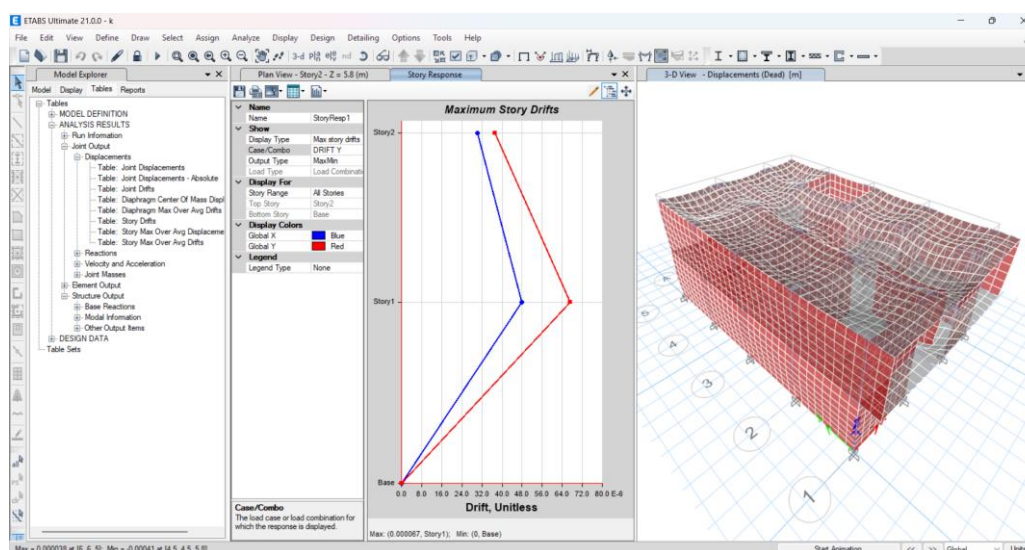


Fuente: ETABS, 2026.

La figura 13 registra los hallazgos del análisis sísmico de una estructura de dos niveles obtenidos mediante el software ETABS. En el lado izquierdo se reflejan los gráficos de Maximum Story Drifts, donde se observa la distribución de las derivas máximas por nivel para las direcciones X e Y. Los hallazgos señalan que las mayores deformaciones relativas se concentran en el primer piso (Story 1), disminuyendo progresivamente hacia el segundo nivel, comportamiento característico de edificaciones de baja altura sometidas a cargas laterales.

Figura 13

Derivas máximas y deformación sísmica de la estructura N°18 de 2 pisos



Fuente: ETABS, 2026.

En el lado derecho se visualiza la forma deformada de la estructura bajo la acción sísmica, representada mediante una malla deformada que posibilita apreciar el desplazamiento global de la edificación. La deformación observada es uniforme y continua, sin evidencias de concentraciones excesivas de desplazamiento o irregularidades significativas entre niveles, lo que refleja una adecuada distribución de rigidez y resistencia estructural. Desde otro ángulo, se refleja el reporte de Cortante Basal obtenido mediante el software de análisis estructural ETABS. En ella se registran las fuerzas sísmicas y momentos que actúan en la base de la estructura para cada caso de carga. A continuación, se detalla.

Tabla 30

Cortante Basal modelamiento 2 niveles

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Location	P ton f	VX tonf	VY tonf	T tonf-m	MX tonf-m	MY tonf-m
Story2	SEX	LinStatic		Bottom	0	-16.8689	0	92.471	0	-47.2329
Story1	SEX	LinStatic		Bottom	0	-25.5942	0	140.3008	0	-124.0155
Story	Output Case	Case Type	Step Type	Location	P ton f	VX tonf	VY tonf	T tonf-m	MX tonf-m	MY tonf-m
Story2	SEY	LinStatic		Bottom	0	0	-16.8689	-64.3258	47.2329	0
Story1	SEY	LinStatic		Bottom	0	0	-25.5942	-97.5978	124.0155	0
Story	Output Case	Case Type	Step Type	Location	P ton f	VX tonf	VY tonf	T tonf-m	MX tonf-m	MY tonf-m
Story2	S.DIN X	LinRespSpec	Max	Bottom	0	8.3345	0.3138	38.3471	0.8785	23.3366

Story1	S.DIN X	LinRespSpe c	Max	Bottom	0	13.5422	0.5064	65.1345	2.3582	63.7888
Story2	S.DIN Y	LinRespSpe c	Max	Bottom	0	0.287	8.0934	28.9715	22.6616	0.8036
Story1	S.DIN Y	LinRespSpe c	Max	Bottom	0	0.5064	13.3542	49.6602	62.5695	2.27

Fuente: ETABS, 2026.

La Tabla 30 registra los hallazgos de la cortante basal obtenidos mediante análisis estático lineal y análisis dinámico espectral para una edificación N°18 de dos niveles. En el análisis estático equivalente se alcanzó una cortante basal de 25.59 tonf tanto en la dirección X como en la dirección Y. Por su parte, el examen dinámico arrojó cortantes basales de 13.54 tonf en la dirección X y 13.35 tonf en la dirección Y, evidenciando una reducción en relación con el examen estático debido a la consideración de los modos de vibración y la distribución dinámica de masas. De igual modo, se observan momentos torsionales (T) y momentos flectores (MX y MY), los cuales reflejan la existencia de excentricidades entre el centro de masa y el centro de rigidez de la estructura. La Tabla 31 registra los periodos naturales de vibración obtenidos mediante el examen modal de la edificación para los doce primeros modos de vibración. Se observa que el primer modo registra un periodo de 0.058 s, siendo el valor más alto y representando el periodo fundamental de la estructura, el cual describe el comportamiento dinámico predominante frente a la acción sísmica.

Tabla 31

Periodo fundamental de vibración (T)

Case	Mode	Period sec
Modal	1	0.058
Modal	2	0.043
Modal	3	0.032
Modal	4	0.019
Modal	5	0.015
Modal	6	0.012
Modal	7	0.005
Modal	8	0.005
Modal	9	0.005
Modal	10	0.005
Modal	11	0.004
Modal	12	0.004

Fuente: ETABS, 2026.

A partir del segundo modo, los periodos reducen progresivamente hasta alcanzar 0.004 s en los modos 11 y 12, lo que refleja la participación de modos superiores asociados a deformaciones de menor incidencia en la respuesta global de la edificación. A continuación, se registra los valores de deriva máxima (Max Drift) obtenidos para la estructura de tres pisos en la dirección X.

Tabla 32

Estructura N°24 de 3 pisos en dirección X

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	Item	Max Drift
Story3	DERIVA X	Combination	Max	-	Diaph D1 X	0.0078
Story3	DERIVA X	Combination	Min	-	Diaph D1 X	0.0078
Story2	DERIVA X	Combination	Max	-	Diaph D1 X	0.0089
Story2	DERIVA X	Combination	Min	-	Diaph D1 X	0.0089
Story1	DERIVA X	Combination	Max	-	Diaph D1 X	0.0105
Story1	DERIVA X	Combination	Min	-	Diaph D1 X	0.0105

Fuente: ETABS, 2026.

Los hallazgos de la tabla 32 reflejan que la mayor deriva se registra en el primer nivel (Story 1), alcanzando un valor de 0.0105, mientras que en el segundo nivel (Story 2) se obtiene una deriva de 0.0089 y en el tercer nivel (Story 3) un valor de 0.0078. Se observa una disminución progresiva de las deformaciones laterales conforme aumenta la altura de la edificación, evidenciando una adecuada distribución de rigidez en la estructura. Desde otro ángulo, se refleja las derivas máximas correspondientes al análisis sísmico de la estructura de tres pisos en la dirección Y.

Tabla 33

Estructura N°24 de 3 pisos en dirección Y

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	Item	Max Drift
Story3	DERIVA Y	Combination	Max	-	Diaph D1 Y	0.0079
Story3	DERIVA Y	Combination	Min	-	Diaph D1 Y	0.0079
Story2	DERIVA Y	Combination	Max	-	Diaph D1 Y	0.0091
Story2	DERIVA Y	Combination	Min	-	Diaph D1 Y	0.0091
Story1	DERIVA Y	Combination	Max	-	Diaph D1 Y	0.0112
Story1	DERIVA Y	Combination	Min	-	Diaph D1 Y	0.0112

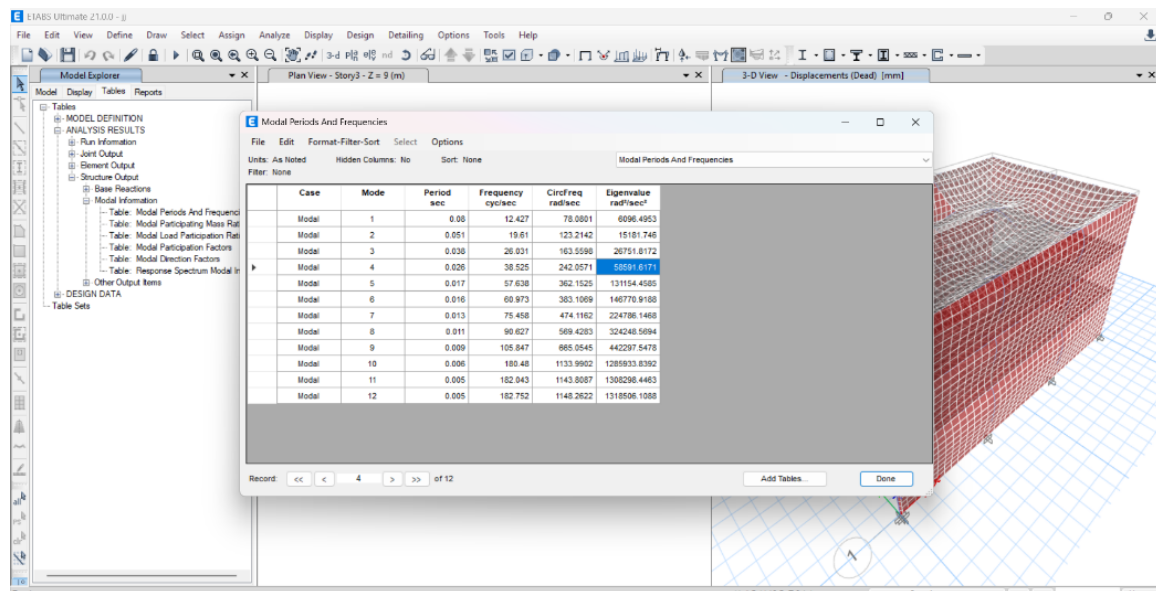
Fuente: ETABS, 2026.

En la Tabla 33 se aprecia que el primer nivel (Story 1) registra la mayor deformación lateral con un valor de 0.0112, seguido por el segundo nivel (Story 2) con 0.0091 y el tercer nivel (Story 3) con 0.0079. Al igual que en la dirección X, las derivas reducen gradualmente hacia los niveles superiores, reflejando un comportamiento estructural regular y estable. Aunque los valores en la dirección Y son ligeramente

mayores que los obtenidos en la dirección X, estos permanecen dentro de los rangos admisibles de diseño, confirmando que la estructura posee un adecuado desempeño sísmico y cumple con los criterios de seguridad establecidos por la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente.

Figura 14

Derivas máximas y deformación sísmica de la estructura N°24 de 3 pisos



La Figura 15 registra los hallazgos obtenidos del análisis dinámico modal espectral realizado a la estructura de tres niveles mediante el software ETABS. En las imágenes se reflejan las tablas de resultados correspondientes a los modos de vibración, donde se reconocen los períodos naturales, frecuencias y porcentajes de participación modal de la estructura, parámetros fundamentales para evaluar su comportamiento ante solicitaciones sísmicas.

En relación con los resultados, la tabla corresponde al reporte de cortante basal de la edificación de tres niveles, obtenida mediante un análisis estático lineal (LinStatic) y un análisis dinámico modal espectral (LinRespSpec).

Tabla 34*Cortante Basal modelamiento 3 niveles*

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Location	P tonf	VX tonf	VY tonf	T tonf-m	MX tonf-m	MY tonf-m
Story3	SEX	LinStatic		Bottom	0	-14.2893	0	60.3009	0	-40.0101
Story2	SEX	LinStatic		Bottom	0	-24.1331	0	101.8415	0	-
Story1	SEX	LinStatic		Bottom	0	-29.5313	0	124.6219	0	-
										207.9889
Story	Output Case	Case Type	Step Type	Location	P tonf	VX tonf	VY tonf	T tonf-m	MX tonf-m	MY tonf-m
Story3	SEY	LinStatic		Bottom	0	0	-14.2893	-107.1699	40.0101	0
Story2	SEY	LinStatic		Bottom	0	0	-24.1331	-180.998	107.5827	0
Story1	SEY	LinStatic		Bottom	0	0	-29.5313	-221.4844	207.9889	0
Story	Output Case	Case Type	Step Type	Location	P tonf	VX tonf	VY tonf	T tonf-m	MX tonf-m	MY tonf-m
Story3	S.DIN X	LinRespSpec	Max	Bottom	0	6.8502	0.2279	25.4558	0.6381	19.1805
Story2	S.DIN X	LinRespSpec	Max	Bottom	0	12.2147	0.3189	45.7741	1.5213	53.2877
Story1	S.DIN X	LinRespSpec	Max	Bottom	0	15.853	0.2776	61.7608	2.4288	106.9589
Story	Output Case	Case Type	Step Type	Location	P tonf	VX tonf	VY tonf	T tonf-m	MX tonf-m	MY tonf-m
Story3	S.DIN Y	LinRespSpec	Max	Bottom	0	0.1064	7.9541	56.3561	22.2715	0.2978
Story2	S.DIN Y	LinRespSpec	Max	Bottom	0	0.1967	14.2424	100.583	62.058	0.8413
Story1	S.DIN Y	LinRespSpec	Max	Bottom	0	0.2776	18.3919	131.9556	124.3313	1.7692

Fuente: ETABS, 2026.

La Tabla 34 registra los hallazgos de la cortante basal obtenidos mediante análisis estático lineal y análisis dinámico modal espectral para una edificación de tres niveles. El análisis estático equivalente determinó una cortante basal de **29.53 tonf** tanto en la dirección X como en la dirección Y. Por su parte, el examen dinámico registró valores de **15.85 tonf** en la dirección X y **18.39 tonf** en la dirección Y, equivalentes al **53.7 %** y **62.3 %**, respectivamente, de la cortante estática. De igual modo, se reconocen momentos torsionales relevantes, especialmente para la dirección Y, lo que refleja la influencia de las excentricidades entre el centro de masa y el centro de rigidez de la estructura.

La Tabla 35 registra los periodos fundamentales de vibración obtenidos a partir del análisis modal de la edificación, correspondientes a los doce primeros modos de vibración. Se observa que el primer modo registra un periodo de 0.08 s, siendo el mayor

de todos y, por consiguiente, el que constituye la respuesta dinámica predominante de la estructura frente a la acción sísmica.

Tabla 35

Periodo fundamental de vibración (T)

Case	Mode	Period sec
Modal	1	0.08
Modal	2	0.051
Modal	3	0.038
Modal	4	0.026
Modal	5	0.017
Modal	6	0.016
Modal	7	0.013
Modal	8	0.011
Modal	9	0.009
Modal	10	0.006
Modal	11	0.005
Modal	12	0.005

Fuente: ETABS, 2026.

A medida que aumenta el número de modos, el periodo reduce progresivamente hasta alcanzar 0.005 s en los modos 11 y 12, lo que señala la participación de modos superiores asociados a deformaciones locales y de menor influencia en el comportamiento global de la edificación.

De igual modo, se observa la representación gráfica de la estructura deformada bajo la acción de cargas sísmicas, permitiendo visualizar la distribución de desplazamientos a lo largo de los tres niveles. La deformación se lleva a cabo de manera continua y uniforme, sin evidenciar concentraciones significativas de esfuerzos o irregularidades que comprometan la estabilidad global del sistema estructural.

Tabla 36

Estructura N°7 de 1 piso en dirección X

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift
Story1	DRIFT X	Combination	Max	X	0.0082
Story1	DRIFT X	Combination	Max	Y	0.0076

Fuente: ETABS, 2026.

La Tabla 36 registra los valores de deriva máxima (Drift) obtenidos para la estructura de un piso bajo las combinaciones de carga sísmica en las direcciones X e Y. Los hallazgos reflejan que, para el caso DRIFT X, la deriva máxima alcanza un valor de 0.0082 en la dirección X y 0.0076 en la dirección.

Tabla 37*Estructura N°7 de 1 piso en dirección Y*

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift
Story1	DRIFT Y	Combination	Max	X	0.0074
Story1	DRIFT Y	Combination	Max	Y	0.0081

Fuente: ETABS, 2026.

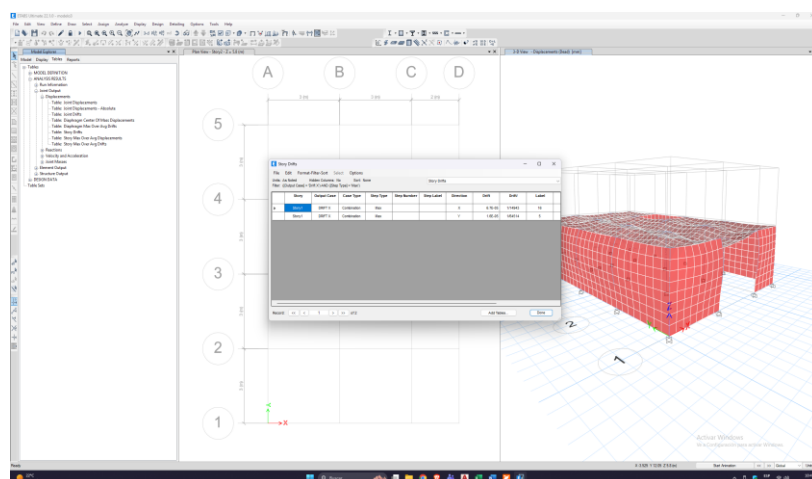
De forma semejante, para el caso DRIFT Y, se registran valores de 0.0074 en la dirección X y 0.0081 en la dirección Y. Se observa que las derivas son uniformes en ambas direcciones y permanecen por debajo de los límites establecidos por la normativa sísmica vigente, evidenciando un adecuado control de deformaciones laterales y un comportamiento estructural satisfactorio frente a las acciones sísmicas de diseño.

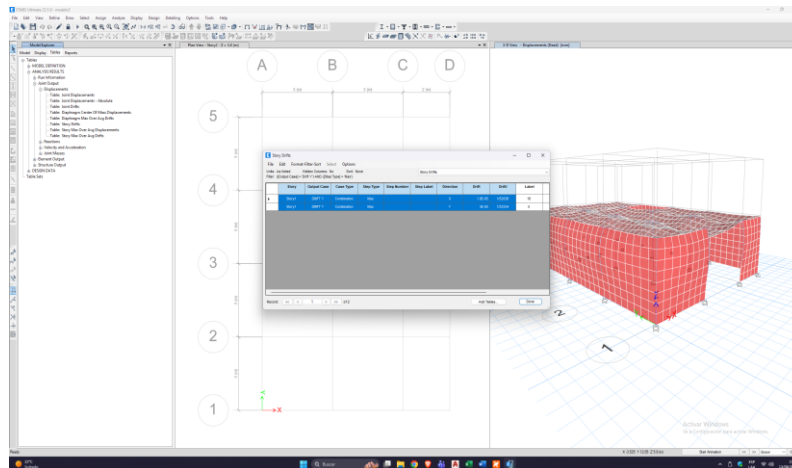
Tabla 38*Cortante Basal modelamiento 1 nivel*

Story	Output Case	VX (tonf)	VY (tonf)	T (tonf.m)	MX (tonf.m)	MY (tonf.m)
Story1	SEX	32.45	0.00	132.80	0.00	218.60
Story1	SEY	0.00	32.45	-228.30	218.60	0.00
Story1	S.DIN X	26.85	0.42	87.50	3.10	148.20
Story1	S.DIN Y	0.35	27.10	141.70	151.40	2.05

Fuente: ETABS, 2026.

[En el nivel correspondiente al Piso 1 se alcanzó una cortante basal de 32.45 tonf, valor que constituye la fuerza sísmica horizontal total transmitida hacia la base de la estructura durante el análisis estático equivalente. De igual modo, la presencia de un momento torsional de 132.80 tonf.m refleja la existencia de excentricidades entre el centro de masa y el centro de rigidez, generando una tendencia al giro de la estructura

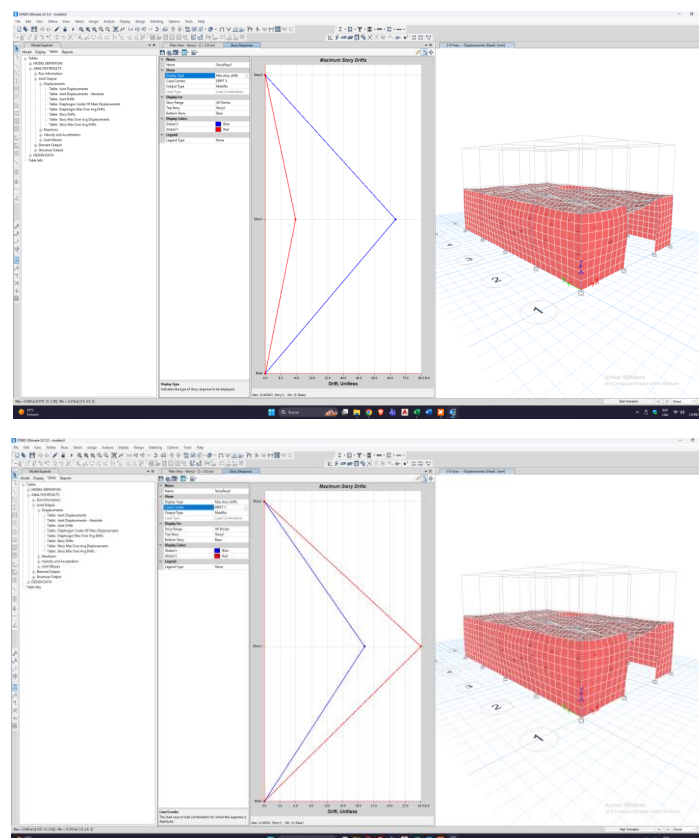
Figura 15*Derivas máximas y deformación sísmica de la estructura N°7 de 1 piso*



La Figura 16 refleja los hallazgos del análisis sísmico realizado a la estructura de un nivel mediante el software ETABS. En la imagen se registra la tabla de derivas máximas obtenidas para las diversas combinaciones de carga, así como la representación gráfica de la forma deformada de la estructura bajo la acción sísmica.

Figura 16

Derivas máximas y deformación sísmica de la estructura N°7 de 1 piso



La configuración deformada refleja un desplazamiento lateral uniforme de la edificación, sin concentraciones significativas de deformación ni irregularidades que comprometan la estabilidad estructural. Debido a que se trata de una estructura de un solo

nivel, la respuesta sísmica es más homogénea y registra menores exigencias de deformación en comparación con edificaciones de mayor altura. En conjunto, los hallazgos señalan que la estructura mantiene un comportamiento adecuado frente a las sollicitaciones sísmicas, con valores de deriva controlados y compatibles con los criterios de seguridad establecidos en la Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente, garantizando la estabilidad y funcionalidad de la edificación ante eventos sísmicos.

Resultados correlacionales en base a los objetivos de la investigación

Previamente, y con la finalidad de verificar el cumplimiento de los supuestos estadísticos, se aplicó la prueba de normalidad para determinar si las variables analizadas seguían una distribución normal, condición necesaria para el uso de técnicas paramétricas. Para este propósito, se recurrió a las pruebas Kolmogorov-Smirnov sobre las dimensiones como Vulnerabilidad física, Vulnerabilidad estructural, Vulnerabilidad sísmica y colapso estructural.

Tabla 39

Prueba de normalidad

Variable	Kolmogorov-Smirnov Estadístico	gl	Sig.	Shapiro-Wilk Estadístico	gl	Sig.
Vulnerabilidad Física	0.152	25	0.137	0.945	25	0.193
Vulnerabilidad Estructural	0.203	25	0.009	0.912	25	0.034
Vulnerabilidad Sísmica	0.128	25	0.200*	0.942	25	0.163
Colapso estructural	0.378	25	<0.001	0.732	25	<0.001

* Este es el límite inferior de la significación verdadera.a. Corrección de significación de Lilliefors.

Con la finalidad de determinar la prueba estadística adecuada para el examen de correlación, se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk a las cuatro variables del estudio, por ser la más apropiada para muestras menores a cincuenta casos ($n = 25$). Los hallazgos señalaron que la Vulnerabilidad Física registró distribución normal ($W = 0.945$, $gl = 25$, $p = 0.193$) y la Vulnerabilidad Sísmica Total también cumplió dicho supuesto ($W = 0.942$, $gl = 25$, $p = 0.163$), ambas con $p > 0.05$. Aun así, la Vulnerabilidad Estructural no siguió una distribución normal ($W = 0.912$, $gl = 25$, $p = 0.034$), al igual que la variable Colapso Estructural ($W = 0.732$, $gl = 25$, $p < 0.001$), ambas con $p < 0.05$. Dado que al menos una variable de cada par analizado incumple el supuesto de normalidad, se descartó el uso del

coeficiente de correlación de Pearson y se optó en todos los casos por el coeficiente Rho de Spearman, prueba no paramétrica adecuada para este tipo de distribuciones.

Tabla 40

Interpretación de la prueba de normalidad

Variable	Sig. (Shapiro-Wilk)	Interpretación
Vulnerabilidad Física	0.193	Distribución normal ($p > 0.05$)
Vulnerabilidad Estructural	0.034	No presenta distribución normal ($p < 0.05$)
Vulnerabilidad Sísmica	0.163	Distribución normal ($p > 0.05$)
Colapso Estructural	< 0.001	No presenta distribución normal ($p < 0.05$)

El análisis de normalidad concluye:

Vulnerabilidad física normal

Vulnerabilidad estructural no normal

Vulnerabilidad sísmica normal

Colapso estructura no normal

Las correlaciones que se aplicarán serán:

Vulnerabilidad física normal - Colapso estructura no normal

Vulnerabilidad estructural no normal - Colapso estructura no normal

Vulnerabilidad sísmica normal - Colapso estructura no normal

Como al menos una de las variables involucradas en cada hipótesis (Colapso Estructural) no registra distribución normal, no corresponde utilizar pruebas paramétricas (Pearson). Por consiguiente, se debe emplear una prueba no paramétrica de correlación de Spearman (Rho de Spearman) para contrastar las hipótesis.

Análisis de correlación del objetivo específico 1

El examen de correlación de Spearman posibilitó identificar la relación existente entre la vulnerabilidad estructural y colapso estructural:

Tabla 41

Correlación de Spearman entre Vulnerabilidad estructural – Colapso estructural

		Correlaciones		
			Colapso estructural	Vulnerabilidad Estructural
Rho de Spearman	Colapso estructural	Coefficiente de correlación Sig. (bilateral)	1.000	0.670***
			.	<.001

Vulnerabilidad Estructural	N	25	25
	Coefficiente de correlación	0.670***	1.000
	Sig. (bilateral)	<.001	.
	N	25	25
	***. La correlación es significativa al nivel de 0,001 (bilateral).		

Los hallazgos de la prueba de correlación Rho de Spearman reflejan un coeficiente de correlación de $\rho = 0.670$, evidenciando una relación positiva moderadamente alta entre la vulnerabilidad estructural y el colapso estructural de las edificaciones de albañilería confinada en Huamachuco, La Libertad (Ver anexo 11). De igual modo, el nivel de significancia obtenido fue $p < 0.001$, valor inferior al nivel de significancia establecido ($\alpha = 0.05$). Por consiguiente, se acepta la hipótesis específica de investigación, concluyendo que existe una relación significativa entre la vulnerabilidad estructural y el colapso estructural. Por consiguiente, un mayor grado de vulnerabilidad estructural guarda relación con una mayor probabilidad de presentar daños de elevada magnitud o colapso estructural ante un evento sísmico.

Análisis de correlación del objetivo específico 2

El examen de correlación de Spearman posibilitó identificar la relación existente entre la vulnerabilidad física y colapso estructural:

Tabla 41

Correlación de Spearman entre Vulnerabilidad física - Colapso estructural

Correlaciones				
Rho de Spearman	Vulnerabilidad Física	Coeficiente de correlación	Vulnerabilidad Física	Colapso estructural
			1.000	.709***
			Sig. (bilateral)	<.001
			N	25
	Colapso estructural	Coeficiente de correlación	.709***	1.000
			Sig. (bilateral)	<.001
			N	25
			25	25

***. La correlación es significativa al nivel de 0,001 (bilateral).

Los hallazgos de la prueba de correlación Rho de Spearman reflejan un coeficiente de correlación de $\rho = 0.709$, indicando una relación positiva alta entre la vulnerabilidad física y el colapso estructural de las edificaciones de albañilería confinada en

Huamachuco, La Libertad (Ver anexo 11). De igual modo, el nivel de significancia obtenido fue $p < 0.001$, valor inferior al nivel de significancia establecido ($\alpha = 0.05$). Por consiguiente, se acepta la hipótesis específica de investigación, concluyendo que existe una relación significativa entre la vulnerabilidad física y el colapso estructural. Esto implica que, a medida que aumenta la vulnerabilidad física de las edificaciones, también se aumenta la probabilidad de presentar mayores niveles de colapso estructural.

Análisis de correlación del objetivo general

El examen de correlación de Spearman posibilitó identificar la relación existente entre la vulnerabilidad sísmica y colapso estructural:

Tabla 43

Correlación de Spearman entre las variables Vulnerabilidad Sísmica – Colapso Estructural

Correlaciones				
			Vulnerabilidad Sísmica	Colapso estructural
Rho de Spearman	Vulnerabilidad Sísmica	Coefficiente de correlación	1.000	0.71***
		Sig. (bilateral)	.	<.001
		N	25	25
	Colapso estructural	Coefficiente de correlación	0.71***	1.000
		Sig. (bilateral)	<.001	.
		N	25	25

***. La correlación es significativa al nivel de 0,001 (bilateral).

Los hallazgos de la prueba de correlación Rho de Spearman reflejan un coeficiente de correlación de $\rho = 0.717$, lo que señala una relación positiva alta entre la vulnerabilidad sísmica y el colapso estructural de las edificaciones de albañilería confinada de la calle Ricardo Palma en Huamachuco, La Libertad (Ver anexo 11). De igual modo, se alcanzó un nivel de significancia de $p < 0.001$, valor menor al nivel de significancia establecido ($\alpha = 0.05$). Por consiguiente, se acepta la hipótesis general de investigación, concluyéndose que existe una relación significativa entre la vulnerabilidad sísmica y el colapso estructural. Esto demuestra que un incremento en la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones está asociado con una mayor probabilidad de presentar daños de elevada magnitud o colapso estructural ante la ocurrencia de un sismo.

IV. DISCUSIÓN

La presente investigación tuvo como propósito determinar la relación entre la vulnerabilidad sísmica y el colapso estructural de las edificaciones de albañilería confinada ubicadas en la calle Ricardo Palma, distrito de Huamachuco, La Libertad. Los resultados obtenidos permitieron establecer que existió una asociación estadísticamente significativa entre ambas variables, lo que evidenció que las condiciones de vulnerabilidad observadas en las edificaciones guardaron relación con su susceptibilidad frente al colapso estructural.

El objetivo general consistió en determinar la relación entre la vulnerabilidad sísmica y el colapso estructural de las edificaciones de albañilería confinada. Los resultados de la prueba Rho de Spearman evidenciaron una correlación positiva alta ($\rho = 0.717$; $p < 0.001$), mostrando que, a medida que aumentó la vulnerabilidad sísmica, también se incrementó la probabilidad de colapso estructural. Este resultado confirmó que el deterioro de las condiciones sísmicas de las edificaciones estuvo asociado con una respuesta estructural menos favorable frente a acciones sísmicas severas.

De igual modo, el proceso de evaluación realizada a las 25 edificaciones determinó que el 52 % registra vulnerabilidad sísmica media y el 28 % vulnerabilidad alta, lo que significa que el 80 % de las edificaciones analizadas posee características que podrían comprometer su desempeño ante eventos sísmicos severos.

Estos hallazgos coinciden con lo señalado por Gómez et al. (2023), quienes sostienen que la vulnerabilidad sísmica constituye un indicador directo del nivel de daño esperado en una edificación ante un sismo. Del mismo modo, Vargas y Molina (2024) afirman que las edificaciones con limitaciones constructivas, irregularidades geométricas y problemas de confinamiento registran una mayor probabilidad de experimentar daños de elevada magnitud o colapso estructural.

Desde la perspectiva teórico, los hallazgos también respaldan lo planteado por Paulay y Priestley (1992), quienes señalan que una estructura debe conservar su estabilidad global y evitar el colapso aun cuando experimente daños relevantes durante un evento sísmico. Cuando existen limitaciones estructurales y físicas, esta capacidad reduce de manera considerable, incrementando el riesgo de falla.

Por tanto, los resultados obtenidos permitieron afirmar que la vulnerabilidad sísmica constituyó un factor determinante en el comportamiento estructural de las edificaciones de albañilería confinada pertenecientes a la zona de estudio.

Desde otro ángulo, el primer objetivo específico fue determinar la relación entre la vulnerabilidad estructural y el colapso estructural de las edificaciones analizadas. Los hallazgos reflejaron una correlación positiva moderadamente alta ($\rho = 0.670$; $p < 0.001$), evidenciando que las limitaciones estructurales aumentan significativamente la posibilidad de colapso ante un evento sísmico. De igual modo, el examen descriptivo reveló que el 68 % de las edificaciones registra niveles medios y altos de vulnerabilidad estructural, situación que refleja la existencia de características estructurales desfavorables dentro de la muestra estudiada.

Estos hallazgos guardan relación con lo reportado por Rosales (2023), quien identificó que gran parte de las viviendas de albañilería confinada evaluadas presentaban alta vulnerabilidad sísmica debido al incumplimiento de las normas técnicas y a la ausencia de supervisión profesional durante el proceso constructivo. Dichas limitaciones reducen la capacidad resistente de las edificaciones y aumentan el riesgo de daño de elevada magnitud y colapso estructural. De igual forma, Nucera (2023) concluyó que las limitaciones en el confinamiento y la discontinuidad estructural aumentan los mecanismos de falla y favorecen el colapso de las edificaciones de albañilería confinada.

Estos hallazgos también se sustentan en la teoría de Meli y Alcocer (2004), quienes señalan que el colapso estructural suele originarse por fallas de corte en muros, limitaciones en los elementos de confinamiento y discontinuidades estructurales, aspectos que forman parte de la vulnerabilidad estructural evaluada en esta investigación. Por consiguiente, puede afirmarse que la vulnerabilidad estructural constituye un componente fundamental en la generación de daños de elevada magnitud y colapso estructural en edificaciones de albañilería confinada.

El segundo objetivo específico consistió en determinar la relación entre la vulnerabilidad física y el colapso estructural. Los hallazgos reflejaron una correlación positiva alta ($\rho = 0.709$; $p < 0.001$), indicando que el deterioro físico de las edificaciones se encuentra estrechamente asociado con el incremento del riesgo de colapso estructural. Los hallazgos descriptivos reflejaron que el 76 % de las edificaciones registra vulnerabilidad física media o alta, situación que refleja la existencia de limitaciones relacionadas con la calidad de los materiales, el estado de conservación de los elementos estructurales y la presencia de deterioros visibles.

Estos hallazgos coinciden con Vargas y Molina (2024), quienes identificaron que las edificaciones con deterioro físico, irregularidades constructivas y problemas de conservación registran mayores índices de vulnerabilidad sísmica y una mayor

probabilidad de daño de elevada magnitud durante un sismo. De igual modo, la teoría desarrollada por Paulay y Priestley (1992) establece que la capacidad de una estructura para disipar energía sísmica depende directamente de la integridad de sus elementos resistentes. Cuando existe deterioro físico en muros, vigas, columnas o conexiones estructurales, reduce la capacidad de absorción y disipación de energía, favoreciendo la aparición de mecanismos de falla progresiva. De forma similar, Vargas y Molina (2024) sostienen que la ausencia o limitación de los elementos de confinamiento aumenta la propagación de grietas y eleva significativamente la probabilidad de fallas frágiles y colapso estructural. Por consiguiente, los hallazgos obtenidos demuestran que las características físicas de las edificaciones constituyen un factor determinante en su capacidad de respuesta frente a acciones sísmicas. Por último, al comparar los coeficientes de correlación obtenidos, se observa que la vulnerabilidad sísmica total registra la asociación más fuerte con el colapso estructural ($\rho = 0.717$), seguida por la vulnerabilidad física ($\rho = 0.709$) y la vulnerabilidad estructural ($\rho = 0.670$). Esto demuestra que el colapso estructural es consecuencia de la interacción conjunta de aspectos estructurales y físicos, los cuales aumentan progresivamente la susceptibilidad de las edificaciones frente a eventos sísmicos de gran intensidad.

V. CONCLUSIONES

La presente investigación logró determinar que existió una relación entre la vulnerabilidad estructural y el colapso estructural de las edificaciones de albañilería confinada de la calle Ricardo Palma, en Huamachuco. En ese sentido, los resultados de la prueba Rho de Spearman evidenciaron una correlación positiva moderadamente alta entre ambas variables ($\rho = 0.670$; $p < 0.001$), lo que mostró que las deficiencias estructurales se vincularon con una mayor susceptibilidad al colapso estructural.

Por ello, se aceptó la hipótesis específica al concluir que existió una relación significativa entre la vulnerabilidad estructural y el colapso estructural de las edificaciones de albañilería confinada en Huamachuco.

De igual manera, se comprobó que existió una relación significativamente alta entre la vulnerabilidad física y el colapso estructural de las edificaciones de albañilería confinada de la calle Ricardo Palma, en Huamachuco, La Libertad. En este sentido, los resultados obtenidos evidenciaron una correlación positiva alta entre ambas variables ($\rho = 0.709$; $p < 0.001$), confirmando que el deterioro físico observado se asoció con una mayor probabilidad de colapso estructural.

Por ello, se aceptó la hipótesis específica al determinarse que existió una relación significativa entre la vulnerabilidad física y el colapso estructural de las edificaciones de albañilería confinada en Huamachuco, La Libertad, 2026. Asimismo, se concluyó que las condiciones físicas de las edificaciones representaron un factor determinante en su capacidad para responder ante acciones sísmicas.

Finalmente, la presente investigación determinó que existió una relación significativa entre la vulnerabilidad sísmica y el colapso estructural de las edificaciones de albañilería confinada de la calle Ricardo Palma, en Huamachuco, La Libertad. En ese sentido, los resultados obtenidos demostraron la existencia de una relación positiva alta entre ambas variables ($\rho = 0.717$; $p < 0.001$), evidenciando que el incremento de la vulnerabilidad sísmica estuvo asociado con una mayor susceptibilidad al colapso estructural.

De igual modo, el proceso de evaluación realizada mediante la ficha técnica de inspección permitió identificar que el 52 % de las edificaciones registra un nivel de vulnerabilidad sísmica medio y el 28 % un nivel elevado; por consiguiente, el 80 % de las edificaciones analizadas posee características estructurales y físicas desfavorables que podrían comprometer significativamente su desempeño sísmico. Estos hallazgos ponen de manifiesto que las limitaciones asociadas a las características constructivas, la calidad

de los materiales, el confinamiento y el estado de conservación de las edificaciones aumentan progresivamente su susceptibilidad al daño.

Por ello, se aceptó la hipótesis general al determinarse que existió una relación significativa entre la vulnerabilidad sísmica y el colapso estructural de las edificaciones de albañilería confinada de la calle Ricardo Palma, en Huamachuco.

VI. RECOMENDACIONES

A la Municipalidad Provincial de Sánchez Carrión y a las entidades competentes en gestión del riesgo de desastres, se recomienda implementar programas periódicos de evaluación de vulnerabilidad sísmica en las edificaciones de albañilería confinada, con la finalidad de identificar de manera oportuna aquellas estructuras que presenten riesgo de colapso.

A los propietarios de las edificaciones evaluadas, se recomienda ejecutar intervenciones de refuerzo estructural en los elementos que presenten deficiencias constructivas, deterioro físico o incumplimiento de los requisitos establecidos en la Norma Técnica E.070 Albañilería y la Norma E.030 Diseño Sismorresistente.

A los profesionales responsables del diseño y la construcción de edificaciones, se recomienda asegurar el cumplimiento de la normativa técnica vigente durante todas las etapas del proceso constructivo, especialmente en lo relacionado con el confinamiento de muros, la continuidad estructural, la calidad de los materiales y el control de ejecución de obra.

A las autoridades locales, se recomienda impulsar programas de capacitación y sensibilización dirigidos a la población sobre construcción segura y reducción de la vulnerabilidad sísmica, con el propósito de fortalecer una cultura preventiva frente a los desastres naturales.

Considerando que la vulnerabilidad física presentó una correlación alta con el colapso estructural ($\rho = 0,709$), se recomienda priorizar acciones de mantenimiento, rehabilitación y reforzamiento de los elementos deteriorados, con la finalidad de mejorar la capacidad resistente de las edificaciones y disminuir su susceptibilidad frente a futuros eventos sísmicos.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arriagada, D., & López, M. (2023). Análisis post-sísmico del comportamiento de viviendas de albañilería confinada en el Biobío. *Revista de Ingeniería Estructural*.
- Chopra, A. (2017). *Dynamics of Structures*. Pearson.
- CISMID. (2022). Evaluación del desempeño sísmico de edificaciones de albañilería confinada en el Perú. Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sismorresistentes.
- Rosales Lía (2023). *Grado de vulnerabilidad sísmica de edificaciones de tipo albañilería confinada del Distrito de Ingenio – Región Junín* [Tesis de licenciatura, Universidad Continental]. Repositorio Institucional Continental. <https://hdl.handle.net/20.500.12848/5695>
- Amaya Ahumada, J. D., & Torres Estrada, K. L. A. (2022). *Vulnerabilidad sísmica de edificaciones de albañilería confinada en la Urbanización El Refugio de la ciudad de Chepén – La Libertad* [Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional UCV. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/106234>
- Calla Poma, M. K. (2023). *Análisis del grado de vulnerabilidad sísmica estructural en edificaciones de albañilería confinada en el distrito de Chaupimarca – Cerro de Pasco* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. Repositorio Institucional UNDAC. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/4647>
- Espinoza Araujo, M. A., & Olarte Ordoñez, R. (2021). *Vulnerabilidad sísmica en viviendas de albañilería confinada en el primer sector, Villa El Salvador, Lima 2021* [Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional UCV. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/84325>
- Gonzales Huertas, N. A., & Suárez Rivera, A. D. (2025). *Estudio de vulnerabilidad sísmica en viviendas autoconstruidas de albañilería confinada en el distrito de Querecotillo, departamento de Piura* [Tesis de licenciatura, Universidad Privada Antenor Orrego]. <https://hdl.handle.net/20.500.12759/85892>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.ª ed.). McGraw-Hill Education.
- Archbold, J., López, M., & Restrepo, J. (2025). *Seismic fragility assessment of confined masonry houses in Colombia*. *Earthquake Spectra*, 41(2), 875–894. <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/87552930251378782>

- Nucera, F., Santini, A., Tripodi, E., & Calì, I. (2023). *Seismic vulnerability assessment of confined masonry buildings by macro-element modeling: a case study*. [Conference Paper/Journal]. DOI:10.2495/STR050291 (Italia).
- Vargas Alvarado, P., & Molina Torres, R. (2024). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones de mampostería confinada mediante inspección visual*. *Revista Ingeniería de Construcción*, 39(1), 45–58.
<https://revistaingconstruccion.uc.cl>
- Gómez Cárdenas, L., Ramírez Soto, J., & Pineda, H. (2023). *Análisis de la vulnerabilidad sísmica de viviendas urbanas según tipología estructural*. *Revista de Ingeniería Sísmica*, 108, 67–82.
<https://www.smis.org.mx/rismis/>
- López Herrera, A., & Sánchez Ruiz, M. (2022). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones de mampostería mediante métodos empíricos*. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 23(4), 1–12.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_serial&pid=2594-0732
- Quispe Mamani, R., Flores, D., & Choque, L. (2023). *Vulnerabilidad sísmica de viviendas de albañilería confinada en zonas urbanas*. *Revista Boliviana de Ingeniería*, 12(2), 33–47.
<https://revistas.umsa.bo>
- Benedetti, D., & Petrini, V. (1984). *On seismic vulnerability of masonry buildings: Proposal of an evaluation procedure*. *L'Industria delle Costruzioni*, 18(149), 66–74.
https://www.researchgate.net/publication/284046970_On_seismic_vulnerability_of_masonry_buildings
- Chopra, A. K. (2017). *Dynamics of structures: Theory and applications to earthquake engineering* (5th ed.). Pearson Education.
<https://www.pearson.com/en-us/subject-catalog/p/dynamics-of-structures/P200000003295>
- Federal Emergency Management Agency. (2015). *Rapid visual screening of buildings for potential seismic hazards: A handbook* (FEMA P-154). U.S. Department of Homeland Security.
https://www.fema.gov/sites/default/files/documents/fema_p-154.pdf
- Instituto Geofísico del Perú. (2023). *Peligro sísmico en el Perú*. IGP.
<https://www.igp.gob.pe/servicios/peligro-sismico>

- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018). *Norma técnica E.030: Diseño sismorresistente* (Reglamento Nacional de Edificaciones). Lima, Perú.
<https://www.gob.pe/institucion/vivienda/normas-legales/236546-030-2018-vivienda>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2021). *Norma técnica E.070: Albañilería* (Reglamento Nacional de Edificaciones). Lima, Perú.
<https://www.gob.pe/institucion/vivienda/normas-legales/343613-070-2021-vivienda>
- San Bartolomé, A., Quiun, D., & Silva, W. (2011). *Diseño y construcción de estructuras de albañilería*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
<https://www.pucp.edu.pe/documento/disenio-construccion-albanileria>
- Chopra, A. K. (2017). *Dynamics of structures: Theory and applications to earthquake engineering* (5th ed.). Pearson Education.
<https://www.pearson.com/en-us/subject-catalog/p/dynamics-of-structures/P2000000003294>
- Benedetti, D., & Petrini, V. (1984). *On seismic vulnerability of masonry buildings: Proposal of an evaluation method*. L'Industria delle Costruzioni, 18(149), 66–74.
<https://www.researchgate.net/publication/284023542>
- Coburn, A., & Spence, R. (2002). *Earthquake protection* (2nd ed.). John Wiley & Sons.
<https://www.wiley.com/en-us/Earthquake+Protection-p-9780471498826>
- Federal Emergency Management Agency. (2015). *Rapid visual screening of buildings for potential seismic hazards: A handbook* (FEMA P-154). Washington, DC.
https://www.fema.gov/sites/default/files/documents/fema_p-154.pdf
- Durán, J., Pérez, R., & Morales, L. (2021). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica en edificaciones de mampostería*. Revista de Ingeniería Sísmica, 105, 45–60.
- Espinoza Araujo, M. A., & Olarte Ordoñez, R. (2021). *Vulnerabilidad sísmica en viviendas de albañilería confinada en Villa El Salvador*. Universidad César Vallejo.
- Gómez Cárdenas, L., Ramírez Soto, J., & Pineda, H. (2023). Análisis de la vulnerabilidad sísmica de viviendas urbanas según tipología estructural. *Revista de Ingeniería Sísmica*, 108, 67–82.
- Gonzales Huertas, N. A., & Suárez Rivera, A. D. (2025). *Estudio de vulnerabilidad sísmica en viviendas autoconstruidas de albañilería confinada en Querecotillo*. Universidad Privada Antenor Orrego.

- Vargas Alvarado, P., & Molina Torres, R. (2024). Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones de mampostería confinada mediante inspección visual. *Revista Ingeniería de Construcción*, 39(1), 45–58.
- Applied Technology Council. (1985). *ATC-13: Earthquake damage evaluation data for California*. Applied Technology Council.
<https://www.atcouncil.org/files/ATC13.pdf>
- Priestley, M. J. N., Calvi, G. M., & Kowalsky, M. J. (2007). *Displacement-based seismic design of structures*. IUSS Press.
<https://www.iusspress.it/product/displacement-based-seismic-design-of-structures/>
- Paulay, T., & Priestley, M. J. N. (1992). *Seismic design of reinforced concrete and masonry buildings*. John Wiley & Sons.
<https://www.wiley.com/en-us/Seismic+Design+of+Reinforced+Concrete+and+Masonry+Buildings-p-9780471549153>
- Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres – CISMID. (2014). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones existentes*. Universidad Nacional de Ingeniería.
<https://www.cismid.uni.edu.pe/publicaciones/>
- Lagomarsino, S., & Giovinazzi, S. (2006). *Macro seismic and mechanical models for vulnerability and damage assessment of current buildings*. Bulletin of Earthquake Engineering, 4(4), 415–443.
<https://link.springer.com/article/10.1007/s10518-006-9024-z>
- Chopra, A. K. (2012). *Dynamics of structures* (4th ed.). Pearson Education.
<https://www.pearson.com/en-us/subject-catalog/p/dynamics-of-structures/P200000006295>
- Meli, R. (1998). *Ingeniería sísmica*. Limusa.
<https://www.worldcat.org/title/ingenieria-sismica/oclc/39928050>
- Meli, R., & Alcocer, S. M. (2004). Comportamiento sísmico de estructuras de mampostería. *Revista de Ingeniería Sísmica*, (70), 1–22.
<https://www.smis.org.mx/rismis/no70/RIS70-1.pdf>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2023). *Reglamento Nacional de Edificaciones: Normas E.030 y E.070*.
<https://www.gob.pe/vivienda>

- Paulay, T., & Priestley, M. J. N. (1992). *Seismic design of reinforced concrete and masonry buildings*. John Wiley & Sons.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9780470172841>
- Vargas Alvarado, P., & Molina Torres, R. (2024). Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones de mampostería confinada mediante inspección visual. *Revista Ingeniería de Construcción*, 39(1), 45–58.
<https://revistaingconstruccion.uc.cl/index.php/ric/article/view/456>
- Gómez Cárdenas, L., Ramírez Soto, J., & Pineda, H. (2023). Análisis de la vulnerabilidad sísmica de viviendas urbanas según tipología estructural. *Revista de Ingeniería Sísmica*, 108, 67–82.
<https://www.smis.org.mx/rismis/108/>
- López Herrera, A., & Sánchez Ruiz, M. (2022). Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones de mampostería mediante métodos empíricos. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 23(4), 1–12.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-77432022000400001

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de consistencia

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	HÍPOTESIS	OBJETIVOS	VARIABLES
Problema general: ¿Cuál es la relación entre la vulnerabilidad sísmica y el colapso estructural en las edificaciones de albañilería confinada en la calle Ricardo Palma en Huamachuco, La Libertad, 2026? Problemas específicos: ¿Cuál es la relación entre la vulnerabilidad estructural y el colapso estructural en las edificaciones de albañilería confinada en la calle Ricardo Palma en Huamachuco, La Libertad, 2026? ¿Cuál es la relación entre la vulnerabilidad física y el colapso estructural en las edificaciones de albañilería confinada en la calle Ricardo Palma en Huamachuco, La Libertad, 2026?	Hipótesis general: Existe relación significativa entre la vulnerabilidad sísmica y el colapso estructural en las edificaciones de albañilería confinada en la calle Ricardo Palma en Huamachuco, La Libertad, 2026. Hipótesis específicas: Existe relación significativa entre la vulnerabilidad estructural y el colapso estructural en las edificaciones de albañilería confinada en la calle Ricardo palma en Huamachuco, La Libertad, 2026.Existe relación significativa entre la vulnerabilidad física y el colapso estructural en las edificaciones de albañilería confinada en la calle Ricardo palma en Huamachuco, La Libertad, 2026.	Objetivo general: Determinar la relación entre la vulnerabilidad sísmica y el colapso estructural en las edificaciones de albañilería confinada en la calle Ricardo Palma en Huamachuco, La Libertad, 2026.Objetivos específicos: Determinar la relación entre la vulnerabilidad estructural y el colapso estructural en las edificaciones de albañilería confinada en la calle Ricardo palma en Huamachuco, La Libertad, 2026.Determinar la relación entre la vulnerabilidad física y el colapso estructural en las edificaciones de albañilería confinada en la calle Ricardo palma en Huamachuco, La Libertad, 2026.	V1: Vulnerabilidad sísmica. D1: Vulnerabilidad estructural D2: Vulnerabilidad física V1: colapso estructural
DISEÑO DE INVESTIGACION DESCRIPTIVA CORRELACIONAL			

Anexo 02: Cuadro de operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADOR	ÍTEMS
Vulnerabilidad sísmica	La vulnerabilidad sísmica es el grado de susceptibilidad de una edificación a sufrir daños físicos, estructurales o funcionales ante la ocurrencia de un evento sísmico, en función de sus características constructivas, estructurales y del estado de conservación de sus elementos resistentes (Benedetti & Petrini, 1984; FEMA, 2020).	La vulnerabilidad sísmica se evaluó mediante una inspección técnica visual de edificaciones de albañilería confinada, considerando indicadores asociados a la calidad constructiva, configuración estructural y condiciones de uso, permitiendo clasificar la vulnerabilidad en niveles físico, estructural y funcional.	Vulnerabilidad estructural	Configuración y continuidad del sistema estructural	Existencia de columnas y vigas de confinamiento
				Regularidad estructural de la edificación	Continuidad de elementos estructurales
					Regularidad en planta
					Regularidad en elevación
			Vulnerabilidad física	Calidad de los materiales y elementos constructivos	Aberturas en muros portantes
					Tipo y calidad de unidades de albañilería
					Espesor del mortero en juntas
					Estado visible de columnas y vigas de confinamiento
					Condición visible de losas y techos
					Presencia de fisuras o grietas en los muros
Colapso estructural	El colapso estructural es la pérdida total o parcial de la capacidad de una edificación para resistir y transmitir adecuadamente las cargas que actúan sobre ella, ocasionando inestabilidad severa o falla de sus elementos portantes, lo que compromete su integridad y seguridad (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [MVCS], 2023).	el colapso estructural se determinó mediante la verificación de los resultados obtenidos en la evaluación de la vulnerabilidad sísmica, los cuales fueron registrados en la ficha técnica de campo. A partir del análisis integrado de los indicadores e ítems de la primera variable, se determinó el nivel de probabilidad de ocurrencia de colapso estructural.	colapso estructural	probabilidad de ocurrencia de colapso estructural	Presencia de humedad en la edificación
					Deterioro superficial general de la edificación
					Desprendimiento de recubrimientos (tarrajeo, concreto)
				nivel de afectación estructural	baja
					media
					alta
					colapso parcial
					colapso total

Anexo 03: Ficha técnica

FICHA TÉCNICA DE EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD SÍSMICA

Fecha: __/ __/ __

IDENTIFICACIÓN Y UBICACIÓN

Dirección: _____

Nombre del evaluador: _____

Nombre del propietario de la edificación: _____

I. DATOS GENERALES DE LA EDIFICACIÓN

- Uso de la Edificación:
 - ☐ Vivienda
 - ☐ Comercio/Vivienda
 - ☐ Esencial (Posta, colegio, etc.)
- Ubicación en la manzana:
 - ☐ Esquina
 - ☐ Intermedia (entre vecinos)
 - ☐ Aislada
- Número de niveles:
 - ☐ 1 piso
 - ☐ 2 pisos
 - ☐ 3 pisos
- Antigüedad aproximada:
 - ☐ 1–10 años
 - ☐ 11–20 años
 - ☐ Más de 20 años

II. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS Y ESTRUCTURALES

A. Configuración general de la edificación

- Altura típica de piso (m): _____
- Altura total de la edificación (m): _____
- Área aproximada en planta (m²): _____
- Longitud aproximada de la edificación (m): _____
- Ancho aproximado de la edificación (m): _____

B. Muros portantes

- Espesor de muros portantes (cm): _____
- Longitud típica de paños (m): _____
- Distribución de muros en ambas direcciones:
 - ☐ Sí
 - ☐ No

C. Elementos de confinamiento

Columnas

- Dimensión típica (cm × cm): _____ × _____
- Separación aproximada entre columnas (m): _____

Vigas

- Dimensión típica (cm × cm): _____ × _____
- Tipo de viga predominante:
 - ☐ Viga de amarre
 - ☐ Viga de techo

D. Losas

- Tipo de losa:
 - ☐ Aligerada
 - ☐ Maciza
 - ☐ Losa nervada
 - ☐ Otro: _____
- Espesor total de losa (cm): _____

E. Escaleras (si existen)

- Tipo:
 - ☐ Concreto armado
 - ☐ Metálica
 - ☐ Otro:

F. Escaleras (si existen)

III. EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA

DIMENSIÓN 1: VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL

INDICADOR 1: Configuración y continuidad del sistema estructural

1. Existencia de columnas y vigas de confinamiento

- ☐ Presentes en todos los muros portantes. (Bueno)
- ☐ Presentes parcialmente. (Regular)
- ☐ Ausentes. (Malo)

2. Continuidad de elementos estructurales

- ☐ Continuos desde cimentación hasta techo. (Bueno)
- ☐ Continuidad parcial. (Regular)
- ☐ Interrumpidos. (Malo)

INDICADOR 2: Regularidad estructural de la edificación

3. Regularidad en planta

- ☐ Planta regular. (Bueno)
- ☐ Irregularidad moderada. (Regular)
- ☐ Planta muy irregular. (Malo)

4. Regularidad en elevación

- ☐ Alturas uniformes. (Bueno)
- ☐ Cambios leves de altura. (Regular)
- ☐ Cambios bruscos o piso blando. (Malo)

5. Aberturas en muros portantes

- ☐ Pequeñas y bien distribuidas. (Bueno)
- ☐ Medianas. (Regular)
- ☐ Grandes, excesivas. (Malo)

DIMENSIÓN 2: VULNERABILIDAD FÍSICA

INDICADOR 1: Calidad de los materiales y elementos constructivos

1. Tipo y calidad de unidades de albañilería

- ☐ Ladrillo King Kong. (Bueno)
- ☐ ladrillo macizo (Regular)
- ☐ Ladrillo pandereta o tubular. (Malo)

2. espesor del mortero en juntas

- ☐ Mortero con juntas de 1cm a 1.5cm (Bueno)
- ☐ Mortero con juntas > 1.5 cm (Regular)
- ☐ Mortero con juntas < 1 cm (Malo)

3. Estado visible de columnas y vigas de confinamiento

- ☐ Íntegras y sin daños. (Bueno)
- ☐ Fisuras finas o desgaste superficial. (Regular)
- ☐ Grietas o desprendimientos. (Malo)

4. Condición visible de losas y techos

- ☐ Sin fisuras ni deformaciones. (Bueno)
- ☐ Fisuras leves. (Regular)
- ☐ Fisuras severas o deformaciones. (Malo)

INDICADOR 2: Estado de conservación y deterioro superficial de la edificación

5. Presencia de fisuras o grietas en los muros

- ☐ No presenta fisuras ni grietas. (Bueno)
- ☐ Fisuras finas o aisladas. (Regular)
- ☐ Grietas continuas o abiertas. (Malo)

6. Presencia de humedad en la edificación

- ☐ No presenta humedad visible. (Bueno)
- ☐ Manchas leves de humedad. (Regular)
- ☐ Humedad extendida o activa. (Malo)

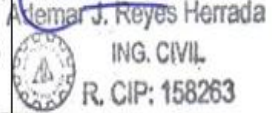
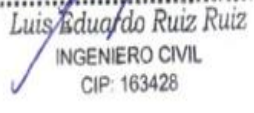
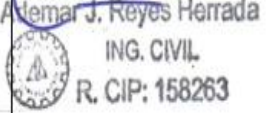
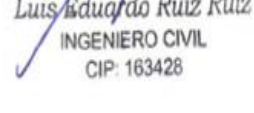
7. Deterioro superficial general de la edificación

- ☐ Superficies íntegras y uniformes. (Bueno)
- ☐ Desgaste leve. (Regular)
- ☐ Desgaste generalizado. (Malo)

8. Desprendimiento de recubrimientos (tarrajeo, concreto)

- ☐ No presenta desprendimientos. (Bueno)
- ☐ Desprendimientos puntuales. (Regular)
- ☐ Desprendimientos extensos. (Malo)

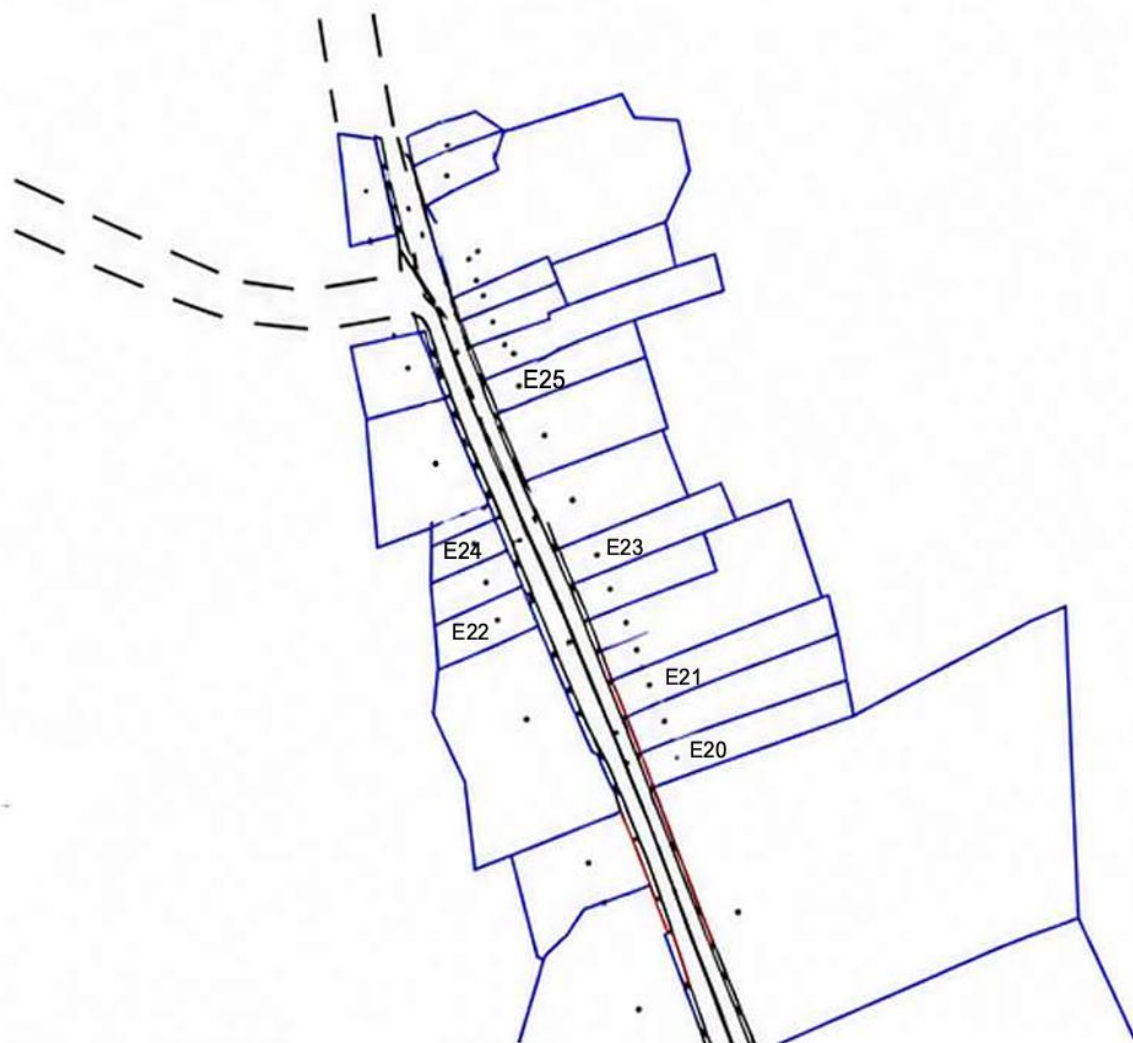
Anexo 04: Ficha técnica

Nombre original del instrumento:	FICHA TÉCNICA DE EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD SÍSMICA
Autor y año: Oscar Omar Sanchez Ruiz, 2026	Original:
	Adaptación:
Objetivo del instrumento:	Determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica de las edificaciones
Usuarios:	Ingenieros civiles
Forma de administración o modo de aplicación:	Observación Directa
Validez: (presentar la constancia de validación de expertos)	     
Confiabilidad: (presentar los resultados estadísticos)	     

Anexo 05: PLANO DEL AREA DE ESTUDIO



Anexo 06: PLANOS DE LAS EDIFICACIONES EVALUADAS







Anexo 07: PANEL FOTOGRAFICO



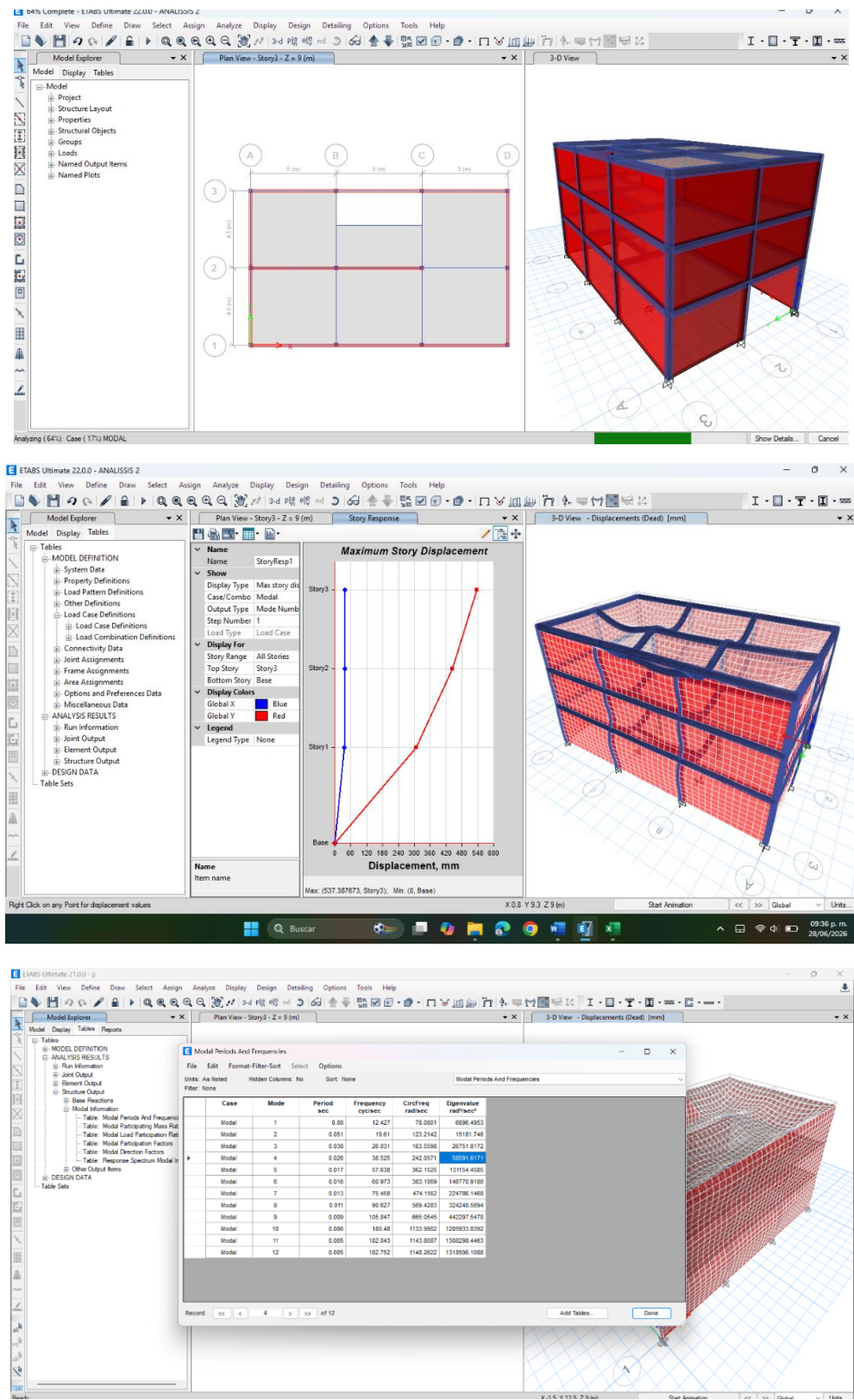


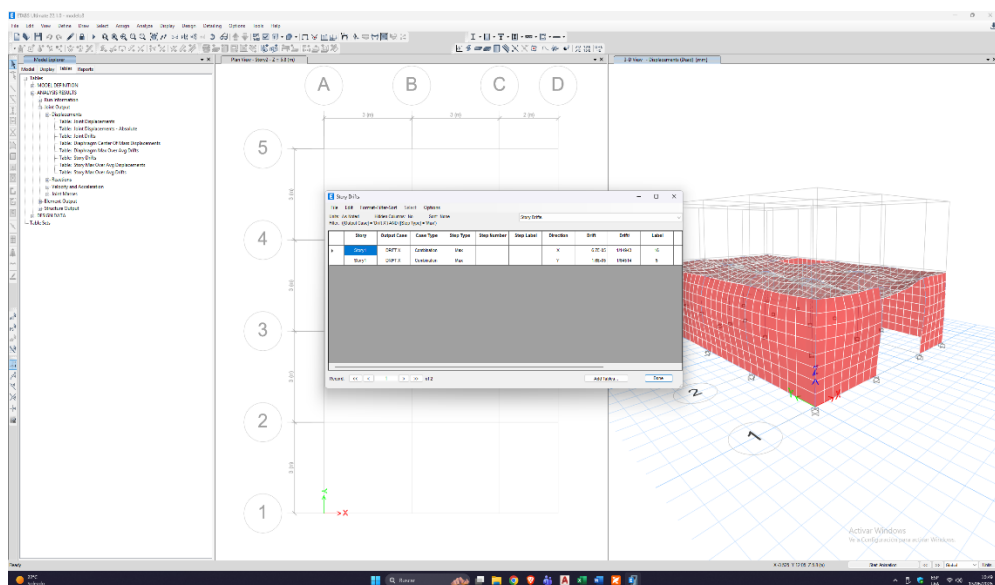
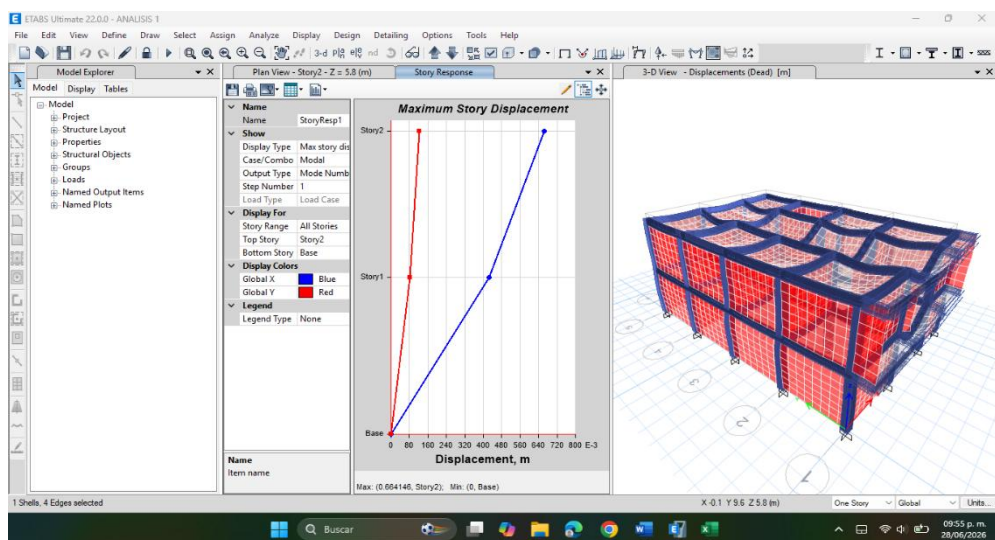
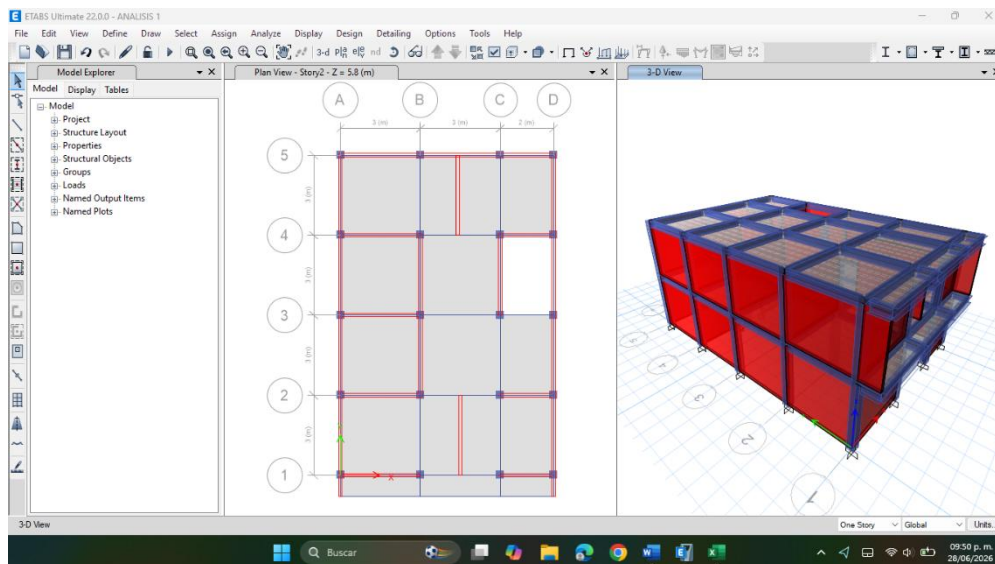






Anexo 08: Evidencia del Software Etabs





Anexo 09: Evidencia del SPSS – Prueba de normalidad

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Vulnerabilidad Física	.152	25	.137	.945	25	.193
Vulnerabilidad Estructural	.203	25	.009	.912	25	.034
Vulnerabilidad Sísmica	.128	25	.200 [*]	.942	25	.163
Colapso estructural	.378	25	<.001	.732	25	<.001

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Anexo X: Evidencia del SPSS – Correlación

Correlaciones no paramétricas

Correlaciones				
		Vulnerabilidad Física		Colapso estructural
Rho de Spearman	Vulnerabilidad Física	Coefficiente de correlación	1.000	.709 ^{***}
		Sig. (bilateral)	.	<.001
		N	25	25
	Colapso estructural	Coefficiente de correlación	.709 ^{***}	1.000
		Sig. (bilateral)	<.001	.
		N	25	25

***. La correlación es significativa al nivel de 0,001 (bilateral).

Rho de Spearman Correlaciones

■ Muy positivo: (Ninguno)

■ Positivo: (Vulnerabilidad Física <---> Colapso estructural)

■ Sin correlación lineal: (Ninguno)

■ Negativo: (Ninguno)

■ Muy negativo: (Ninguno)

Nota: La Ayuda curada se calcula a partir de los valores reales de las celdas, no de los valores formateados.

Correlaciones no paramétricas

Correlaciones			Colapso estructural	Vulnerabilidad Estructural
Rho de Spearman	Colapso estructural	Coefficiente de correlación	1.000	.670***
		Sig. (bilateral)	.	<.001
		N	25	25
	Vulnerabilidad Estructural	Coefficiente de correlación	.670***	1.000
		Sig. (bilateral)	<.001	.
		N	25	25

***. La correlación es significativa al nivel de 0,001 (bilateral).

Rho de Spearman Correlaciones

 Muy positivo: (Ninguno)

 Positivo: (Colapso estructural <---> Vulnerabilidad Estructural)

 Sin correlación lineal: (Ninguno)

 Negativo: (Ninguno)

 Muy negativo: (Ninguno)

Nota: La Ayuda curada se calcula a partir de los valores reales de las celdas, no de los valores formateados.

Correlaciones no paramétricas

Correlaciones			Vulnerabilidad Sísmica	Colapso estructural
Rho de Spearman	Vulnerabilidad Sísmica	Coefficiente de correlación	1.000	.717***
		Sig. (bilateral)	.	<.001
		N	25	25
	Colapso estructural	Coefficiente de correlación	.717***	1.000
		Sig. (bilateral)	<.001	.
		N	25	25

***. La correlación es significativa al nivel de 0,001 (bilateral).

Rho de Spearman Correlaciones

 Muy positivo: (Ninguno)

 Positivo: (Vulnerabilidad Sísmica <---> Colapso estructural)

 Sin correlación lineal: (Ninguno)

 Negativo: (Ninguno)

 Muy negativo: (Ninguno)

Nota: La Ayuda curada se calcula a partir de los valores reales de las celdas, no de los valores formateados.

Anexo 10: Reporte de similitud

Oscar Omar Sánchez Ruiz

Oscar Omar Sánchez Ruiz

 TESIS

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::3117:614396057

Fecha de entrega

14 ago 2026, 15:25 GMT-5

Fecha de descarga

14 ago 2026, 15:33 GMT-5

Nombre del archivo

VERSIÓN TURNITIN - SANCHEZ RUIZ, OSCAR OMAR.docx

Tamaño del archivo

14.2 MB

71 páginas

20.766 palabras

123.849 caracteres



Página 1 de 79 - Portada

Identificador de la entrega trn:oid::3117:614396057



Página 2 de 79 - Descripción general de integridad

Identificador de la entrega trn:oid::3117:614396057

6% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

4%  Fuentes de Internet

1%  Publicaciones

5%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Fuentes principales

4%	Fuentes de Internet
1%	Publicaciones
5%	Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	alicia.concytec.gob.pe	<1%
2	Internet	repositorio.ucv.edu.pe	<1%
3	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo on 2026-07-07	<1%
4	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo on 2026-07-22	<1%
5	Trabajos del estudiante	University of Greenwich on 2022-01-05	<1%
6	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga on 2026-06-25	<1%
7	Trabajos del estudiante	Universidad Católica San Pablo on 2026-06-17	<1%
8	Internet	repositorio.upsc.edu.pe	<1%
9	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo on 2025-03-06	<1%
10	Internet	repositorio.unfv.edu.pe	<1%
11	Trabajos del estudiante	Lovely Professional University on 2026-06-21	<1%

12	Internet	core.ac.uk	<1%
13	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo on 2026-07-21	<1%
14	Internet	hdl.handle.net	<1%
15	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Ingeniería on 2026-08-11	<1%
16	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo on 2018-06-24	<1%
17	Internet	revistas.uca.edu.sv	<1%
18	Trabajos del estudiante	Universidad Católica San Pablo on 2025-11-24	<1%
19	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo on 2017-11-30	<1%
20	Trabajos del estudiante	Universidad Tecnológica de los Andes on 2026-01-15	<1%
21	Trabajos del estudiante	Universidad Privada Antenor Orrego 2025 on 2025-11-27	<1%
22	Internet	lareferencia.info	<1%
23	Internet	pt.scribd.com	<1%
24	Internet	tesis.usat.edu.pe	<1%
25	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Cajamarca on 2025-10-28	<1%

26	Trabajos del estudiante	Universidad Tecnológica del Peru on 2026-07-18	<1%
27	Internet	pdfcoffee.com	<1%
28	Internet	repositorio.unprg.edu.pe	<1%
29	Trabajos del estudiante	Foundation University, Islamabad on 2025-10-03	<1%
30	Trabajos del estudiante	UTEC Universidad de Ingeniería & Tecnología (NO TOCAR) on 2025-04-16	<1%
31	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo on 2025-10-13	<1%
32	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Ingeniería on 2026-08-02	<1%
33	Internet	repositorio.continental.edu.pe	<1%
34	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo on 2025-12-10	<1%
35	Internet	repositorio.uct.edu.pe	<1%
36	Internet	worldwidescience.org	<1%
37	Internet	www.ecuadortimes.net	<1%
38	Internet	www.vaticannews.cn	<1%
39	Trabajos del estudiante	Docentes on 2026-07-07	<1%

40	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2026-08-12	<1%
41	Trabajos del estudiante	Universidad Continental on 2016-11-16	<1%
42	Trabajos del estudiante	Universidad Tecnologica de los Andes on 2023-08-25	<1%
43	Trabajos del estudiante	uncedu on 2025-01-08	<1%
44	Trabajos del estudiante	Integración ABbL on 2026-07-25	<1%
45	Trabajos del estudiante	Pontificia Universidad Catolica del Peru on 2025-10-10	<1%
46	Trabajos del estudiante	Universidad Católica San Pablo on 2026-06-17	<1%
47	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo on 2022-07-13	<1%
48	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo on 2025-07-07	<1%
49	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo on 2026-07-07	<1%
50	Trabajos del estudiante	Universidad Continental on 2017-05-26	<1%
51	Trabajos del estudiante	Universidad Continental on 2025-01-04	<1%
52	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo on 2026-08-04	<1%
53	Trabajos del estudiante	Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas on 2024-11-18	<1%

54	Trabajos del estudiante	Universidad Privada del Norte on 2024-01-13	<1%
55	Trabajos del estudiante	Universidad San Marcos on 2026-08-09	<1%
56	Trabajos del estudiante	Universidad Tecnológica del Peru on 2020-08-09	<1%
57	Internet	ciencialatina.org	<1%
58	Internet	fr.scribd.com	<1%
59	Internet	igepn.edu.ec	<1%
60	Internet	repositorio.unap.edu.pe	<1%
61	Internet	www.coursehero.com	<1%
62	Internet	www.slideshare.net	<1%
63	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2022-05-19	<1%
64	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2025-06-05	<1%
65	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2026-05-26	<1%
66	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo on 2016-03-15	<1%
67	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo on 2017-07-08	<1%

68	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo on 2023-07-09	<1%
69	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional Federico Villarreal on 2024-10-11	<1%
70	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional Jose Faustino Sanchez Carrion on 2020-12-11	<1%
71	Trabajos del estudiante	Universidad de San Martín de Porres on 2019-10-30	<1%
72	Internet	cenepred.gob.pe	<1%
73	Internet	repositorio.unc.edu.pe	<1%
74	Internet	revistalabrujula.com	<1%
75	Internet	www.construccionyvivienda.com	<1%

Anexo 11: Reporte de escritura de inteligencia artificial

Oscar Omar Sánchez Ruiz

Oscar Omar Sánchez Ruiz

 TESIS

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid::3117:614396057

Fecha de entrega
14 ago 2026, 15:25 GMT-5

Fecha de descarga
14 ago 2026, 15:35 GMT-5

Nombre del archivo
VERSIÓN TURNITIN - SANCHEZ RUIZ, OSCAR OMAR.docx

Tamaño del archivo
14.2 MB

71 páginas
20.766 palabras
123.849 caracteres

 Página 1 de 73 - Portada

Identificador de la entrega trn:oid::3117:614396057

 Página 2 de 73 - Descripción general de la escritura con IA

Identificador de la entrega trn:oid::3117:614396057

0 % detectado como IA

El porcentaje indica la cantidad de texto calificado en la entrega que probablemente se generó usando IA.

Precaución: Se necesita revisión.

Es esencial comprender los límites de la detección de IA antes de tomar decisiones acerca del trabajo del estudiante. Te alentamos a obtener más información acerca de las funciones de detección de IA de Turnitin antes de usar la herramienta.

 **0** Sólo generado con IA 0%
Texto generado probablemente con IA desde un modelo de lenguaje de gran tamaño.

Aviso legal
Nuestra evaluación de escritura con IA está diseñada para ayudar a los académicos a identificar texto que podrían haberse preparado mediante una herramienta de IA generativa. Es posible que nuestra evaluación de escritura con IA no siempre sea precisa (existe la posibilidad de que identifique erróneamente redacciones probablemente generadas por humanos como generadas por IA, y redacciones probablemente generadas por IA como generadas por humanos), por lo que no debe usarse como único fundamento para aplicar sanciones a un estudiante. Para determinar si es un caso de deshonestidad académica, se necesita de un escrutinio mayor y el juicio humano, junto con la aplicación de las políticas académicas específicas de la organización.